

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

RNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

**ENERGETICKÝ ÚSTAV**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGY INSTITUTE

## KOGENERAČNÍ JEDNOTKY PRO DOMÁCÍ VYUŽITÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

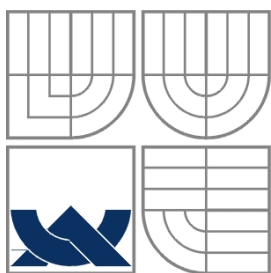
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**BC. JIŘÍ PADĚRA**

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF ENERGY

## KOGENERAČNÍ JEDNOTKY PRO DOMÁCÍ VYUŽITÍ

### DOMESTIC CHP UNITS

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

*Bc. Jiří Paděra*

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

*Doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.*

BRNO 2008

## **ABSTRAKT:**

Tématem této diplomové práce je zpracovat přehled kogeneračních jednotek pro domácí použití. Práce je rozdělena do tří částí. V první části je uvedený přehled vhodných kogeneračních jednotek. Druhá část práce pojednává o výhodách a nevýhodách jednotlivých jednotek. Poslední část práce je zaměřena na kogenerační jednotku TEDOM Micro T8 a o jejím možném zapojení v rodinném domě a ekonomickém zhodnocení.

## **ABSTRACT:**

The topic of this diploma study is to compile an overview of Domestic CHP units. The work is divided into three sections. The first section includes a summary of suitable CHP units. The second portion discusses the advantages and disadvantages of the individual chp units and the last segment describes the TEDOM Micro T8 chp unit, its possible integration in a family house, and its economic analysis.

**Klíčová slova:** Kogenerace, Tedom, motor, ekonomická analýza,

**Key words:** Cogeneration, Tedom, engine, economic analysis

### **Bibliografická citace mé práce:**

PADĚRA, J. Kogenerační jednotky pro domácí využití. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 56 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci, na téma **Kogenerační jednotky pro domácí využití**, vypracoval samostatně a bez cizí pomoci. Vycházel jsem při tom ze svých znalostí, odborných konzultací a doporučené literatury uvedené v seznamu.

V Brně, dne 20. května 2008

.....

Podpis

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych na tomto místě poděkoval doc. Ing. Jiřímu Pospíšilovi, Ph.D. za odborné vedení při psaní mé diplomové práce.

Dále chci poděkovat mým rodičům za finanční a morální podporu během mého studia.

V neposlední řadě děkuji firmě TEDOM a společnosti E.ON za bezplatné poskytnutí materiálů.

## **OBSAH**

<b>1.</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>8</b>
<b>2.</b>	<b>Princip kogenerace.....</b>	<b>9</b>
2.1	Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie.....	9
2.2	Porovnání účinnosti výroby nergie.....	10
2.3	Výkonové rozdělení energetických zdrojů a spotřebičů.....	11
<b>3.</b>	<b>Možné kogenerační jednotky pro domácí využití.....</b>	<b>11</b>
3.1	Stirlingův motor.....	11
3.2	Loganova kogenerační jednotka.....	16
3.3	Plynová kogenerace.....	17
3.3.1	Kogenerační jednotka se spalovacím motorem.....	20
3.3.2	Tepelná bilance KJ se spalovacím motorem.....	21
3.4	Kogenerační jednotka se spalovacími turbínami.....	21
3.5	Kogenerace s parní turbínou.....	22
3.6	Mikroturbíny.....	23
3.7	Palivový článek.....	25
3.8	Porovnání výroby elektrické a tepelné energie u používaných druhů KJ.....	26
<b>4.</b>	<b>Porovnání hlavních parametrů kogeneračních jednotek.....</b>	<b>26</b>
4.1	Palivový článek.....	26
4.2	Parní turbíny.....	26
4.3	ORC.....	27
4.4	Plynové turbíny.....	27
4.5	Mikroturbíny.....	27
4.6	Stirlingův motor.....	27
4.7	Spalovací motor.....	28
4.8	Parametry kogeneračních jednotek.....	28
<b>5.</b>	<b>Návrh a ekonomické zhodnocení zvolené KJ pro rodinný dům.....</b>	<b>29</b>
5.1	Kogenerační jednotka TEDOM MICRO T8.....	29
5.2	Tepelná bilance jednotky TEDOM MICRO T8.....	32
5.3	Základní charakteristické a technické údaje KJ.....	33
5.4	Výpočet doby pohotovosti a doby spolehlivosti KJ.....	34
5.5	Výpočet ekonomického provozu KJ.....	35
5.6	Výpočet roční spotřeby tepla pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody.....	36
5.7	Výpočet návratnosti kogenerační jednotky.....	37
5.7.1	KJ koupená za hotové bez dotace, KJ kryje vlastní spotřebu.....	38
5.7.2	KJ koupená za hotové s dotací, KJ kryje vlastní spotřebu.....	41
5.7.3	KJ koupená za hotové s dotací, KJ nekryje vlastní spotřebu.....	45
5.8	Možnost zlepšení doby návratnosti.....	47
5.9	Výpočet návratnosti při 100 % zatížení KJ pro 2 rodinné domy.....	48
<b>6.</b>	<b>Srovnání jednotlivých provozů KJ pro rodinné domy.....</b>	<b>52</b>

<b>7.</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>53</b>
<b>8.</b>	<b>Seznam použitých zdrojů.....</b>	<b>54</b>
<b>9.</b>	<b>Seznam použitých zkratek a symbolů.....</b>	<b>55</b>
<b>10.</b>	<b>Přílohy.....</b>	<b>56</b>
10.1	Technické údaje ke KJ TEDOM MICRO T8.....	56



## 1. Úvod

Tématem této diplomové práce je zpracovat přehled používaných kogeneračních jednotek pro domácí využití a provést jejich vzájemné porovnání. Cílem je zvolit vhodnou kogenerační jednotku, která je schopna pokrýt požadované potřeby energií pro rodinný dům a provést návrh a ekonomické zhodnocení této jednotky.

V úvodu práce je nejprve představen možný způsob kogenerační technologie a srovnání kogeneračních jednotek podle různých technických parametrů. Další část práce je zaměřena na kogenerační jednotku MICRO T8 od firmy Tedom a je posouzena návratnost této jednotky při nahrazení stávajícího plynového kotle. Nejprve je proveden výpočet potřebné tepelné energie na vytápění a ohřev teplé užitkové vody pro daný rodinný dům bez použití kogenerační jednotky. Na krytí těchto potřeb je nastaveno vhodné zatížení jednotky.

Poslední část práce se zabývá výpočtem možných stavů zatížení kogenerační jednotky MICRO T8. Výpočet návratnosti kogenerační jednotky je rozdělen do tří kapitol, které se od sebe liší ve způsobu financování KJ a kopírování vlastní spotřeby energií. Jsou vyhodnoceny jednotlivé návratnosti jednotky a na toto shrnutí navazuje další možný efektivnější způsob provozování jednotky.

## 2. Princip kogenerace

Kogenerací rozumíme kombinovanou výrobu elektrické a tepelné energie (KVET). Jedná se o co nejefektivnější využití tepelné energie uvolněné spalováním paliva v jednom technologickém řetězci. Principem kogenerace je využít teplo, které by jinak při výrobě elektrické energie odešlo bez užitku. Kogenerační technologie toto teplo dokáže využít pro vytápění objektů, či ohřev teplé vody nebo obojí. Touto úsporou šetříme palivo i finanční prostředky potřebné na jeho nákup.

### 2.1 Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie (KVET)

Princip který představuje velmi zajímavou aplikaci moderních technologií na dlouho známé principy. Název se u nás začal používat v počátku devadesátých let jako počestění mezinárodně srozumitelného anglického termínu "co-generation" což znamená v překladu kogenerace neboli kombinovaná výroba elektrické energie a tepla.

Výroba elektřiny v podnikových nebo městských elektrárnách v parních turbínách a postupné vyvedení tepelného výkonu předznamenaly vznik velkých soustav dálkového zásobování teplem CZT. Rozšíření malých jednotek na bázi spalovacích motorů začalo na našem území po roce 1990.

VÝVOJ KOGENERAČNÍCH JEDNOTEK		
MINULOST	SOUČASNOST	BUDOUCNOST
<ul style="list-style-type: none"><li>- oběhy s parní turbínou</li><li>- oběhy s plynovou turbínou</li><li>- paroplynový cyklus</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- na bázi pístových spalovacích motorů</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- ORC cyklus</li><li>- mikroturbíny</li><li>- stirlingův motor</li><li>- parní motor</li><li>- palivové články</li></ul>

Tab. 1 Přehled o vývoji kogeneračních jednotek

#### Výhody kogeneračních jednotek:

- při vlastní spotřebě tepla a el. energie se vyhneme přenosovým ztrátám
- využíváním odpadního tepla při výrobě el. energie dochází až ke 40% úspoře paliva se srovnáním s tradičními technologiemi
- palivo je v KJ využíváno s vysokou účinností a to 80 až 85%. Z toho připadá 30 až 35% na el. energii a 65 až 70% na teplo.
- Přebytky vyrobené el. energie může výrobce prodávat do veřejné rozvodné sítě na základě smluvního vztahu s distribuční společností a tím může výrazně ovlivnit návratnost vložených finančních prostředků.
- Kogenerační jednotky produkují nízké emise škodlivin ve srovnání s uhlím.

### Nevýhody využití kogeneračních jednotek:

- poměrně vysoké investiční náklady
- návratnost vložených finančních prostředků je závislá na využití vyrobeného tepla a el. energie
- zajistit ochranu proti hluku (např. protihlukové kryty, zvuková izolace strojovny, pružné uložení jednotek na základ apod.)

## 2.2 Porovnání účinnosti výroby energie

Porovnání účinnosti výroby elektrické a tepelné energie je vysvětlen na obrázku č. 1



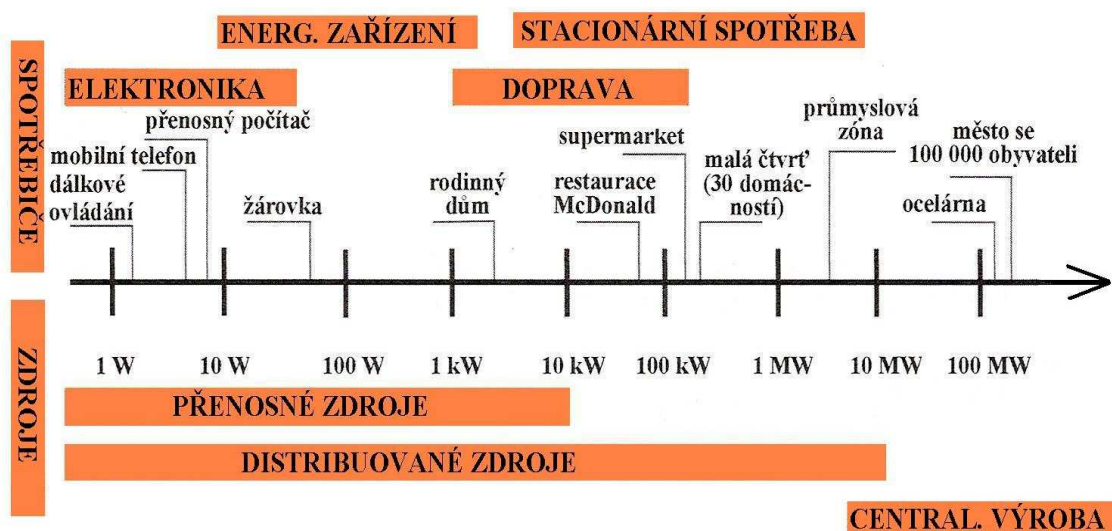
Obr. 1 Porovnání účinnosti výroby energie [7]

## 2.3 Výkonové rozdělení energetických zdrojů a spotřebičů

Rozdělení výkonových požadavků energetické spotřeby a možnosti pokrytí jednotlivými druhy zdrojů je pro elektrickou energii ukázáno na obrázku 2.

Jednotky od vyšších výkonů (nad 1 MWe) slouží především pro centrální dodávku elektrické a tepelné energie.

Jednotky nižších výkonů (mikrokogenerace) se umísťuje blíže ke spotřebitelům z důvodu, že vyrábějí energii jen pro omezený počet spotřebitelů nebo někdy jen i pro jednoho spotřebitele.



Obr. 2 Výkonové rozdělení energetických zdrojů a spotřebičů [1]

## 3. Možné kogenerační jednotky pro domácí využití

**3.1 Stirlingův motor:** je pístový motor s vnějším spalováním, ve kterém se uvolněná tepelná energie předává látce tepelného oběhu. Motor pracuje mezi dvěma zásobníky tepelné energie s přívodem a odvodem tepla v pracovní látce (nejčastěji je to helium, vzduch, dusík nebo CO<sub>2</sub>), v systému při konstantní teplotě. Látka je střídavě stlačována ve studeném válci (*kompresní prostor*) a expanduje v horkém válci (*expanzní prostor*). Teplo je přiváděno do okruhu z vnějšího zdroje přes tepelný výměník (*ohřívák*). Pracovní médium zůstává trvale ve válci stirlingova motoru. Mezi písty je regenerátor, což je buď keramická mřížka nebo libovolný druh pórovité zátky, která má vysokou tepelnou kapacitu a malou tepelnou



Obr. 3 Stirlingův motor [7]

vodivost (slouží k přechodnému uložení tepelné energie). Dnešní důmyslné motory používají jako pracovní médium zpravidla vodík, protože s vodíkem se dosahuje až 80 % teoretické účinnosti ideálního Stirlingova cyklu.

Stirlingův motor může být také použit v opačném módu – jako tepelné čerpadlo, kdy je energie (mechanická nebo elektrická) využívána k ohřevu.

Jako perspektivní palivo pro kogeneraci s využitím Stirlingova motoru se jeví biomasa (zplyněná nebo zkapalněná), která se pro výrobu elektřiny pomocí klasických motorů nehodí (znečištění, velká odlišnost od ušlechtilých paliv. Při použití jedné jednotky se předpokládá snížení produkce CO<sub>2</sub> o 15 – 20% oproti produkci z klasických zdrojů.

Teplo, které není přeměno na technickou práci hřídele, je odváděno chladicí vodou ve studeném tepelném výměníku (chladiči). Plyn se přenáší z horké zóny do chladiče a zpět pomocí regenerátoru.

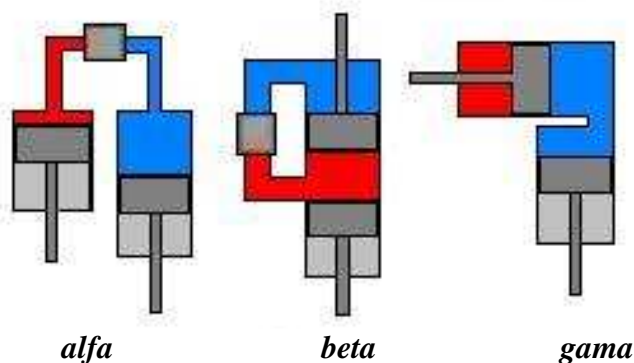
Podstatné je, že mezi oběma prostory je umístěn regenerátor (nádoba vyplněná porézní náplní), v němž se při přechodu z horkého do studeného prostoru teplo odevzdává a je opět přiváděno při příští změně 2-3. Regenerátor tedy zvyšuje termickou účinnost stroje a při 100% účinnosti regenerace bude mít Stirlingův oběh při daných teplotách stejnou termickou účinnost jako Carnotův oběh, jehož účinnost je dána vztahem

$$\eta = 1 - \frac{T_{\min}}{T_{\max}} \quad (1) \quad [1]$$

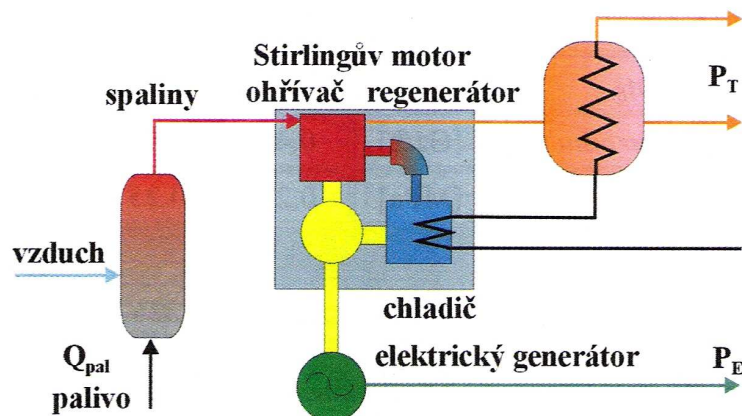
Pro co možná nejlepší účinnost motoru by tedy měla být (stejně jako u všech tepelných strojů) teplota  $T_{\min}$  co nejnižší (omezení teplotou chladicího média) a  $T_{\max}$  co nejvyšší (omezení materiálovými vlastnostmi ohříváku). Reálná účinnost Stirlingova motoru je snížena díky nemožnosti dosáhnout teoretické kinematiky, škodným objemům ohříváku, chladiče a regenerátoru, jejich tlakovým ztrátám při průtoku pracovního plynu (hlavně regenerátor)

Stirlingův motor nemá explozivní spalování jako mají spalovací motory, a proto nemusí mít zapalovací zařízení, ventilový rozvod atd. Z hlediska konstrukčního provedení (upořádání pístů) se vyrábějí následující typy: obrázky jednotlivých typů jsou znázorněny na obr. 3.2

*alfa* - dva válce osově souměrné  
*beta* - dva písty v jednom válci  
*gama* - dva válce osově nesouměrné



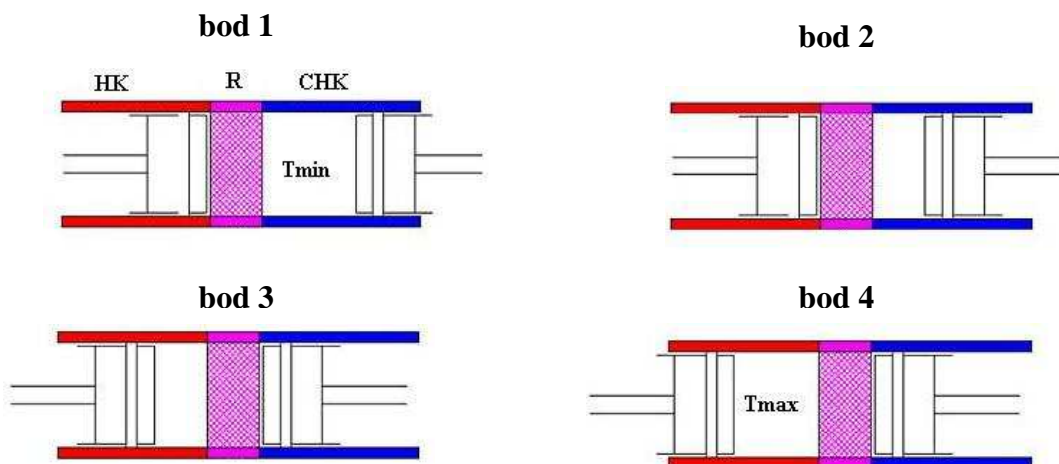
Obr. 4 Konstrukční provedení Stirlingova motoru [1]



Obr. 5 Schéma zapojení KJ se Stirlingovým motorem [1]

### Pracovní fáze stirlingova motoru

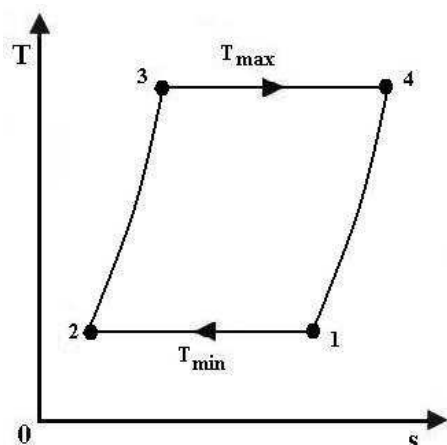
Funkce stirlingova motoru je vysvětlena na obrázku 6 a pro lepší pochopení a jednoduchost budeme uvažovat ideální oběh, který je tvořen dvěma ději izochorickými a dvěma izotermickými



Obr. 6 Pracovní fáze stirlingova motoru [7]

HK – horká komora (expanzní prostor)  
CHK – chladná komora (kompresní prostor)  
R – regenerátor (keramická mřížka)

### T - s diagram ideálního děje stirlingova motoru



Graf 1

V bodě **1** začíná oběh a teoreticky veškeré plynné médium je při maximálním objemu přemístěno v chlazené části motoru.

**1 - 2** (komprese): jen pohyb kompresního pístu (v chladném válci) a pomocí chladiče je v tomto prostoru udržována stále konstantní teplota  $T_{\min}$ . (práce se přitom spotřebovává a teplo se odvádí)

V bodě **2**: je dosaženo minimálního objemu. Dochází k přemístění tohoto objemu bez jeho změny do ohřívané části, což je změna 2-3

Mezi body **2 - 3**: dojde k ohřevu na maximální teplotu  $T_{\max}$ . Pak objem plynu v horkém válci expanduje opět za konstantní teploty (teplo je v průběhu expanze stále dodáváno) a koná se práce.

Na konci pracovního zdvihu je tedy ve válci stále stejná teplota a pro uzavření oběhu je třeba teplo z plynu odvést, což reprezentuje změna **4 - 1**. Plyn je za konstantního objemu přemístěn zpět do chladného válce.

#### **Výhody Stirlingova motoru oproti klasickým spalovacím motorům:**

- díky vnějšímu přívodu tepla lze přímo využít prakticky jakéhokoli paliva (plynná, kapalná a pevná paliva)
- tichý chod
- použití i ve výbušném prostředí, neboť je jednotka zapouzdřená a utěsněna
- lze využít i odpadního tepla z technologických procesů, geotermální energie, solární energie a s rozumnou účinností toto teplo převést přímo v elektřinu
- vyšší vnitřní tepelná účinnost
- výrazně nižší servisní náklady, dané dlouhými servisními intervaly, který činí běžně 5000 až 10 000 hodin
- velmi nízká hlučnost vlivem pozvolné změny tlaku během cyklu a absence cyklických zážehů či vznícení
- při správné konstrukci spalovacího systému má motor díky vnějšímu spalování nižší emise škodlivin
- výroba elektrické energie není závislá na výrobě tepla

### Nevýhody Stirlingova motoru oproti klasickým spalovacím motorům:

- vyšší cena z důvodu malé sériovosti
- pomalejší regulace výkonu - pro výrobu elektřiny a tepla to nepředstavuje žádný problém
- většinou mírně nižší účinnost, která je však u malých výkonů bohatě kompenzována podstatně nižšími servisními náklady

Výkon Stirlingova motoru se reguluje změnou tlaku (množství pracovní látky) v pracovním prostoru motoru podle vztahu:

$$P_T^{StM} = M_p \cdot a_T [W] \quad (2) [1]$$

Přičemž průtočné množství pracovní látky je na základě stavové rovnice plynů:

$$M_p = \frac{V_1 \cdot p_p \cdot n}{t \cdot T_p} [kg / s] \quad (3) [1]$$

$a_T$  – zisk technické práce [J/kg]

$p_p$  – plnicí tlak [Pa]

$n$  – otáčky motoru [1/s]

$r$  – plynová konstanta [J/kgK]

$T_p$  – pracovní teplota [K]

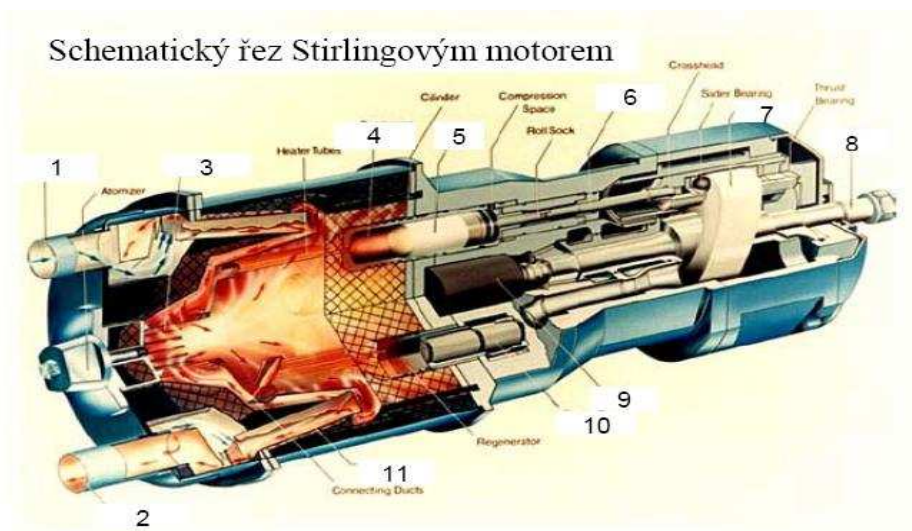
$V_1$  – objem pracovního prostoru [ $m^3$ ]

Regulace Stirlingova motoru: ventilem se mění plnicí tlak, přičemž otáčky se drží na konstantní hodnotě. Charakteristika změny účinnosti při zatížení je podobná jako pro pístové spalovací motory.

Vliv změny provozních parametrů: technická práce rychle klesá s nárůstem chladicí teploty. Protože tepelný vstup neklesá, při narůstání chladicí teploty klesá účinnost. Při zvýšení chladicí teploty, např. z 60 na 70 °C, je pokles účinnosti 20%. Zvyšování tepelného výkonu odběru zvyšováním teploty není tedy výhodné.

Vliv změny okolních podmínek: vliv venkovních podmínek na účinnost Stirlingova motoru je stejně jako u všech jako u všech pracovních jednotek pracujících s vnějším spalováním zanedbatelný.





- |                        |                               |
|------------------------|-------------------------------|
| 1 - sání vzduchu       | 7 - kyvný kotouč              |
| 2 - výfuk              | 8 - hnací hřídel              |
| 3 - rozprašovací hořák | 9 - olejové čerpadlo          |
| 4 - expanzní prostor   | 10 - trubky k chlazení vodíku |
| 5 - pracovní píst      | 11 - trubky k ohřívání vodíku |
| 6 - pístní tyč         |                               |

Obr. 7 Schematický řez Stirlingovým motorem

### **3.2 Loganova kogenerační jednotka**



Obr. 8 Loganova KJ

#### Použití:

- k výrobě elektrického proudu a tepla
- určené k instalaci pro kryté bazény, sportovní střediska, domovy pro seniory, školy, obytné objekty, nákupní centra apod.

#### Technika:

- kompaktní rámová konstrukce s motorem, vč. všech vestavěných dílů, generátoru a výměníků tepla, rovněž i chladicích okruhů
- rozvaděč je integrovaný do opláštění rámu s přehledným ovládacím panelem
- plynový motor má tichý chod, se čtyřmi až dvanácti válci a s regulovaným katalyzátorem výfukových plynů

#### Výhody:

- jednotka je ovládána na řídicím panelu snadným stiskem tlačítek
- dálkové monitorování důležitých funkcí
- až o 40 % menší spotřeba energie proti konvenční výrobě energie
- nízké emise výfukových plynů
- možnost rozšíření o absorpční systém Loganova Trigen k výrobě chladu pro klimatizaci

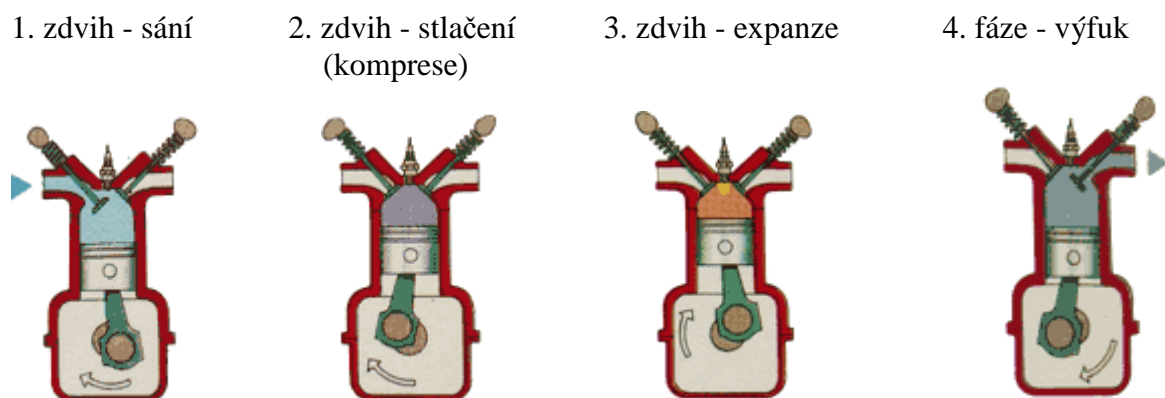
#### Využití energie:

- celková účinnost až 91,4 % (elektrická + tepelná)

### **3.3 Plynová kogenerace**

Je označení pro společnou výrobu elektrické energie a tepla přímým spalováním plynu ve spalovacím motoru (otevřený Ottův cyklus) nebo spalovací turbíně (otevřený Braytonův cyklus) pohánějící alternátor se současným využitím odpadního tepla z motoru nebo z turbíny.

#### **Zážehový (Ottův) motor**

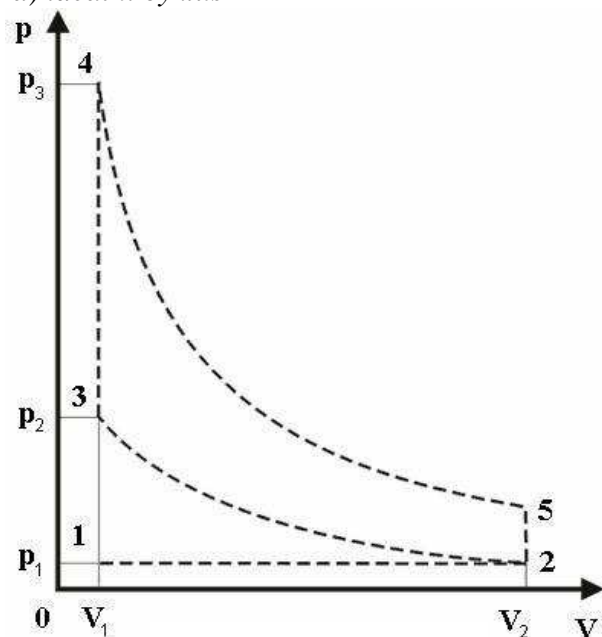


*Obr. 9 Pracovní cyklus zážehového motoru*

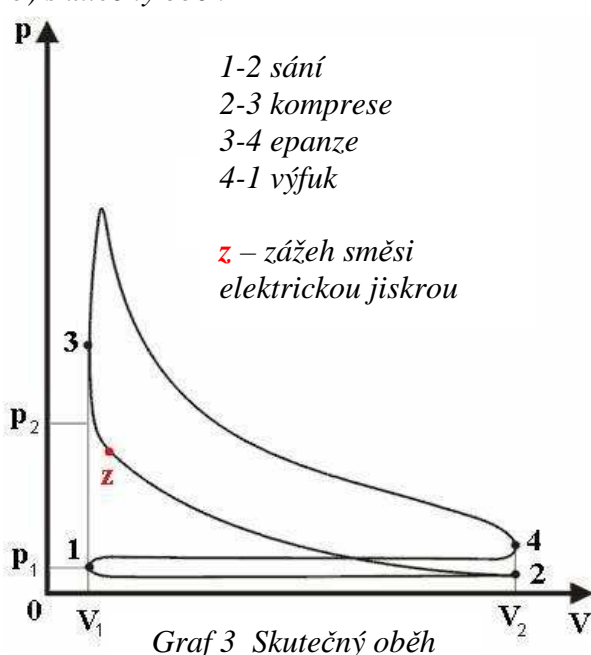
1. zdvih - sání - do válce se nasává směs vzduchu a paliva
  - sací ventil je otevřen
  - výfukový ventil je uzavřen
  - píst jde směrem dolů
2. zdvih - stlačení (komprese) - směs se stlačuje - roste tlak a teplota
  - krátce před horní úvratí dojde k zažehnutí elektrickou jiskrou
  - oba ventily jsou uzavřeny
  - píst jde směrem vzhůru
3. zdvih - expanze - směs hoří a rozpínající se zplodiny tlačí píst dolů - jediná fáze, kdy píst koná práci
  - oba ventily jsou uzavřeny
  - píst jde směrem dolů
4. fáze - výfuk - z válce jsou vyfouknuty spaliny.
  - pracovní prostor se vyprázdní, aby se oběh mohl opakovat
  - výfukový ventil otevřen
  - sací ventil uzavřen
  - píst jde směrem vzhůru

## p - V diagram

a) ideální cyklus



b) skutečný oběh



a)

1-2 sání: do válce se nasává směs benzínových par (nebo plynu) se vzduchem.

2-3 adiabatická komprese: směs je stlačována, aby konečná kompresní teplota byla nižší než teplota vznícení směsi

3-4 izochorické zvýšení tlaku: před koncem komprese je směs zažehnuta elektrickou jiskrou, čímž dojde k rychlému zvýšení tlaku

4-5 adiabatická expanze: plyn koná práci na úkor své vnitřní energie

5-2 izochorický odvod tepla

2-1 výfuk: splodiny jsou z válce vyfouknuty ven

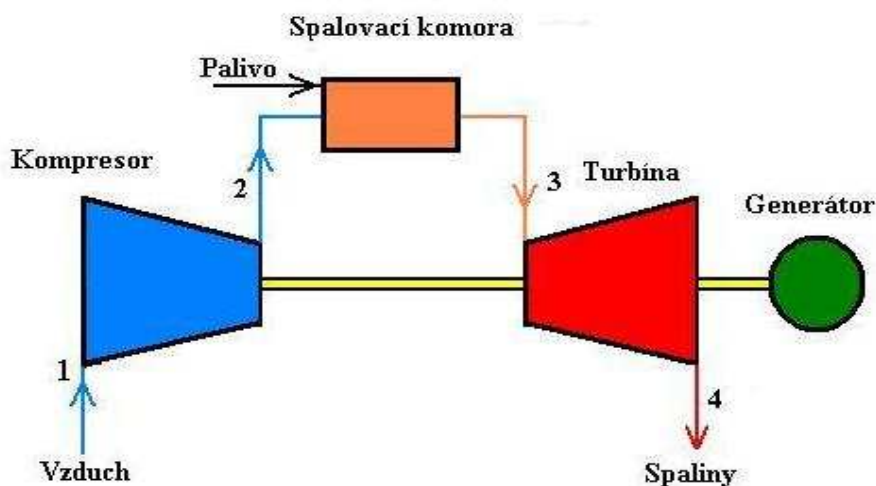
## Braytonův oběh

Kompresor nasává vzduch o stavu 1 a stlačuje ho na výtláčový stav 2. Stlačený a ohřátý vzduch proudí do spalovací komory, kde se mísí se vstříknutým palivem. Tato směs se zapálí a hoří téměř při konstantním tlaku. Horké zplodiny o vysokém tlaku a parametrech daných bodem 3 expandují adiabaticky ve spalovací turbíně do stavu 4 a dále jsou vyfukovány do okolní atmosféry.

Termická účinnost oběhu je dána velikostí přivedeného a odvedeného tepla podle vztahu 4

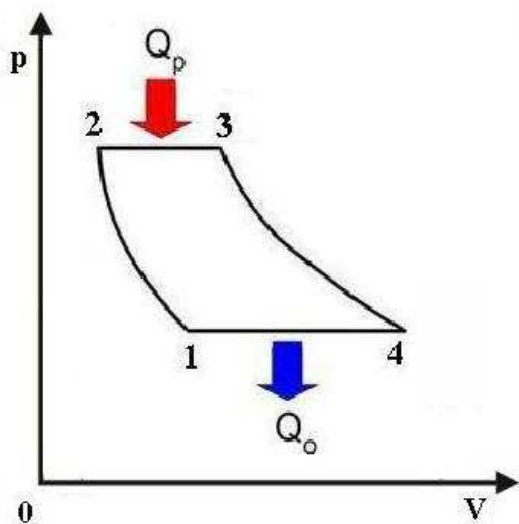
$$\eta_{ter} = 1 - \frac{|q_o|}{|q_p|}, \quad (4) \quad \text{kde: } |q_o| = c_p \cdot (T_4 - T_1) \quad (5)$$

$$|q_p| = c_p \cdot (T_3 - T_2) \quad (6)$$



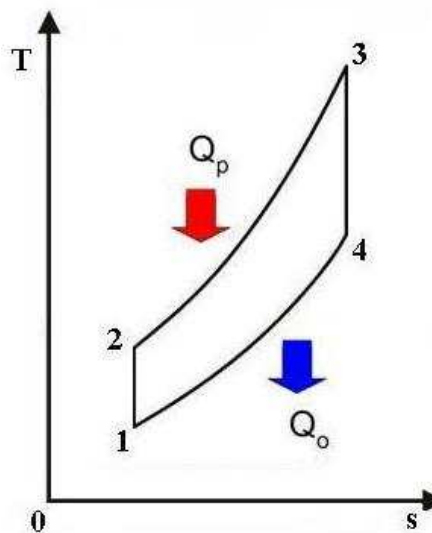
Obr. 10 Braytonův oběh

#### p - V diagram



Graf 4 p-V diagram Braytonova cyklu

#### T - s diagram



Graf 5 T-s diagram Braytonova cyklu

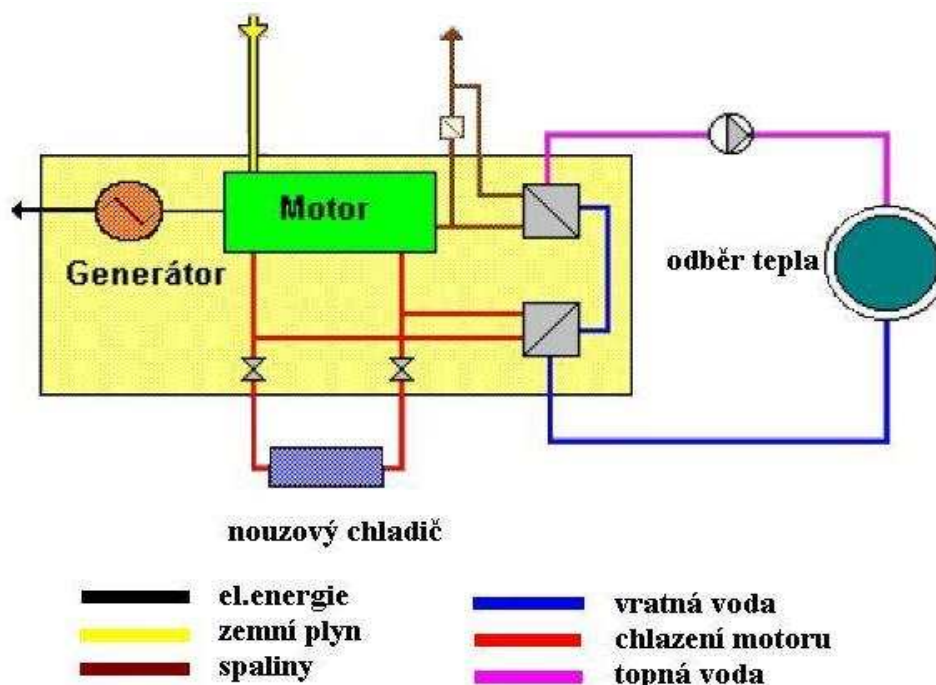
### 3.3.1 Kogenerační jednotka se spalovacím motorem

Kogenerační jednotka se spalovacím motorem se skládá ze zážehového spalovacího motoru pohánějící alternátor vyrábějící el. energii a výměníků pro využití odpadního tepla z motoru. Otáčky motoru jsou voleny tak, aby nebylo nutno mezi motor a alternátor instalovat převodovku.

Směs zemního plynu se spalovacím vzduchem je do válců dodávána pod tlakem turbokompresorem poháněným spaliny, kogenerační jednotka tedy nevyžaduje přívod tlakového zemního plynu, plyn může být dodáván z běžného potrubí s redukováným tlakem (jednotky až desítky kPa).

Odpadní teplo z motoru je pro využití odváděno pomocí dvou výměníků na dvou teplotních úrovních. První výměník odvádí teplo z bloku motoru a z oleje na úrovni cca 80 - 90 °C. Druhý výměník odvádí teplo z odcházejících výfukových spalin o teplotě 400 - 500 °C. Výměníky jsou z hlediska průtoku teplotního média zapojeny do série (obr.X). Obvykle jsou kogenerační jednotky koncipovány pro dodávku tepla do teplovodního systému 90/70 °C, méně 110/85 °C. Ohřívána voda ze zpátečky teplovodního systému (70 °C) Prochází nejprve prvním výměníkem, kde se předejde a je vedena do výměníku druhého, kde se dohřeje na požadovanou teplotu (90 °C). Pro možnost přechodného provozu kogenerační jednotky bez využití nebo jen s částečným využitím vyrobeného tepla jsou jednotky obvykle vybavovány chladičem, který teplo z jednotky odvádí do atmosféry.

Kogenerační jednotku se spalovacím motorem (obr. 11) lze instalovat prakticky do jakéhokoliv stávajícího nebo rekonstruovaného průmyslového nebo komunálního zdroje tepla pokud je v dané lokalitě dostupný hořlavý plyn



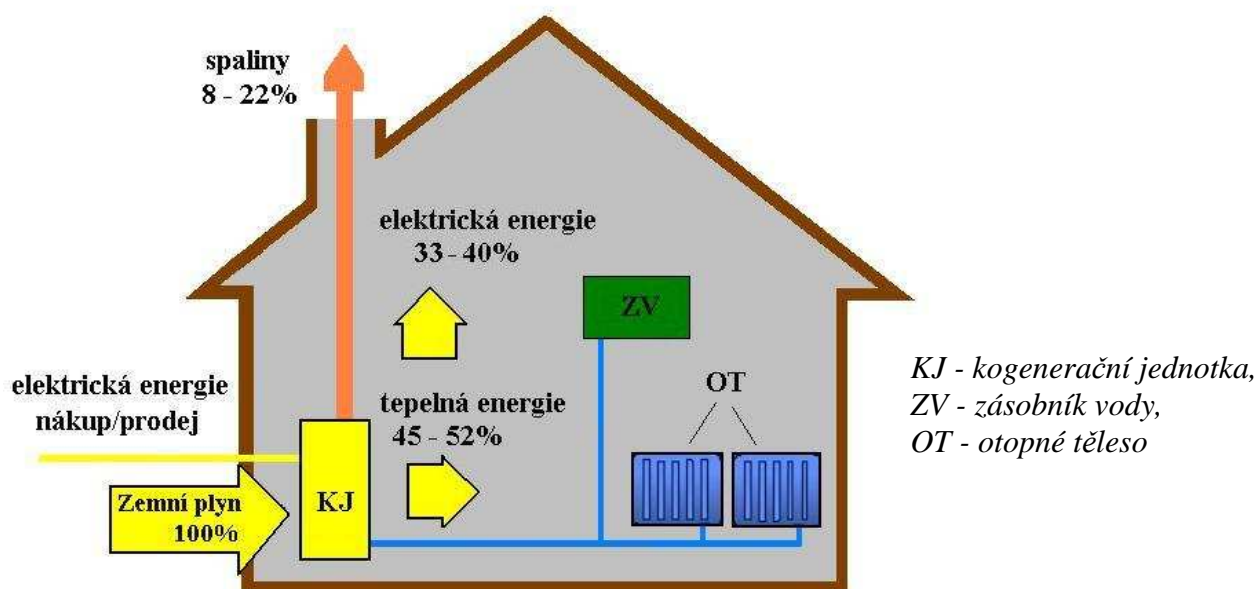
Obr. 11 Kogenerační jednotka se spalovacím motorem [5]



### 3.3.2 Tepelná bilance KJ jednotky se spalovacím motorem

Pro sestavení bilance je třeba zjistit všechny energetické ztráty a zisky, respektive potřeby a zdroje. U starších domů byla největší ztrátou potřeba tepla na vytápění a větrání, potřeba teplé vody byla menší.

Kogenerační jednotky s (automobilovými) zážehovými nebo vznětovými motory upravené pro spalování plynu využívají palivo asi z 80% až 85%. Z toho připadá 33 až 40% na elektrickou energii a zbytek na teplo tj. 40% až 52%. Ztráty jsou mezi 8 až 22%.



Obr. 12 Tepelná bilance KJ se spalovacím motorem

Palivo zemní plyn = 100%

**Q** - účinnost výroby tepla (poměr tepla využitelného k tepleu přiváděnému v palivu) = 45 - 52 %

**P** - účinnost výroby el.energie (poměr el.výkonu ku příkonu v přiváděném plynu) = 33 - 40 %

**Z** - tepelné ztráty = 8 - 22 %

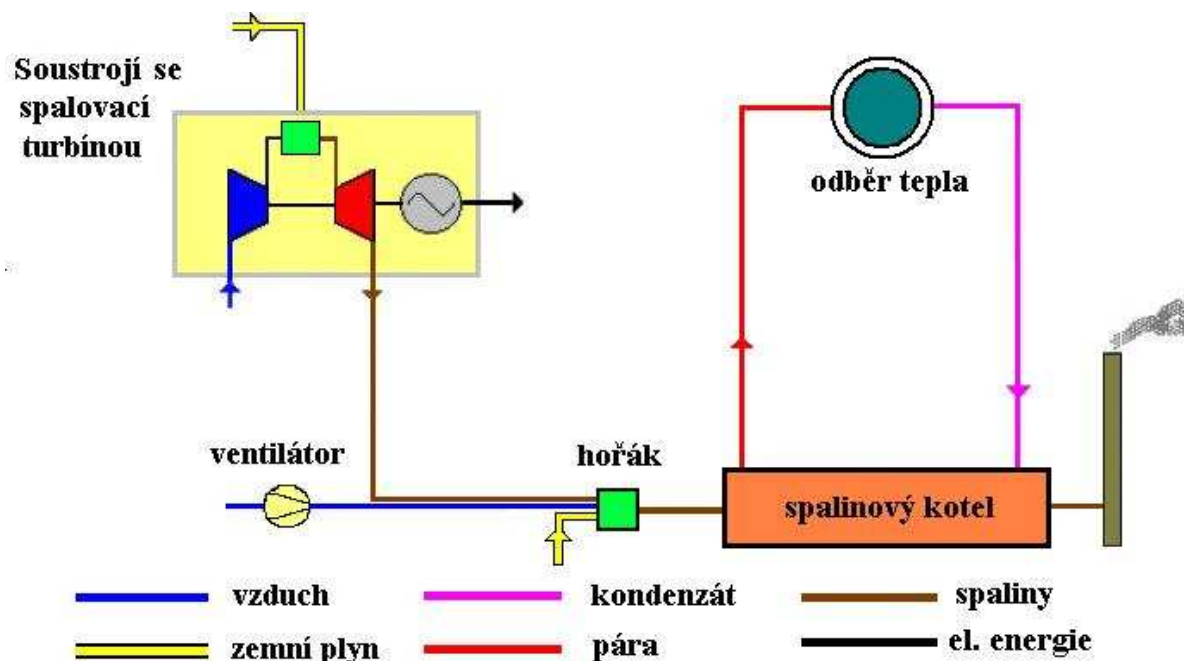
### 3.4 Kogenerační jednotky se spalovacími turbínami

Sestávají ze soustrojí spalovací turbína - alternátor vyrábějícího el. energii a spalínového kotle, z kterého je dodáváno využitelné teplo ve formě teplé či horké vody nebo páry.

Spalovací vzduch je komprimován kompresorem (na stejné hřídeli s turbínou) a veden do spalovací komory kam je též přiváděn zemní plyn (Braytonův cyklus, obr.10), spaliny ze spalovací komory jsou přiváděny na lopatky spalovací turbíny pohánějící obvykle přes převodovku alternátor. Zemní plyn pro pohon turbíny je na rozdíl od motoru přiváděn pod tlakem cca 1,5 - 2,5 MPa dle kompresního poměru turbíny.

Z turbíny jsou spaliny přiváděny do spalínového kotle pro výrobu tepla ve formě páry nebo horké resp. teplé vody. Při požadavku na zvýšení tepelného výkonu spalínového kotle je instalován přehřívací hořák spalující zemní plyn, který je vřazen do spalín proudících z turbíny do kotle a zvyšuje teplotu spalín přicházejících z turbíny (cca 450 - 600 °C) na max. cca 900 °C. Na spalínové potrubí mezi turbínou a kotlem se obvykle instaluje uzavíratelný výfuk, kterým lze spaliny z turbíny vypouštět do ovzduší bez využití jejich tepla. Tohoto výfuku se obvykle užívá při najíždění turbíny nebo při přechodném nižším odběru tepla.

Spalovací turbíny však na rozdíl do spalovacích motorů vyžadují dodávku tlakového plynu, v případech, že v místě instalace není k dispozici patřičný tlak je nutno instalovat posilovací kompresor, který celou instalaci zdražuje a svým el. příkonem snižuje efekt kogenerační jednotky.



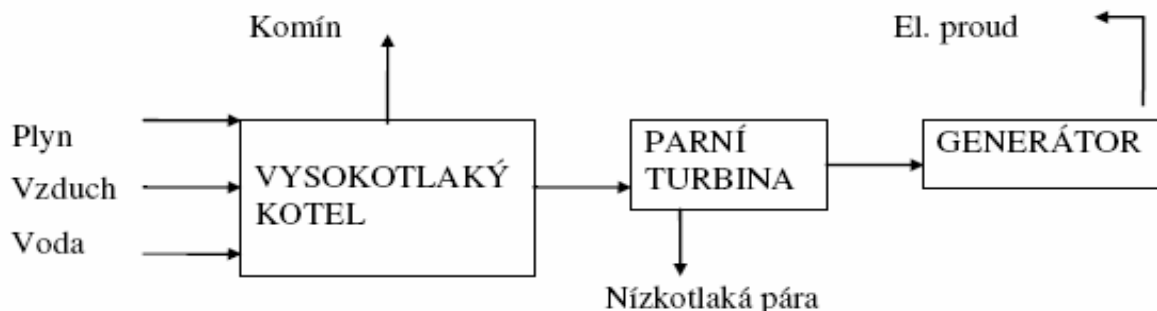
Obr. 13 Plynová kogenerace se spalovací turbínou [5]

### 3.5 Kogenerace s parní turbínou

Jednotky se spalovacím motorem jsou náročné na kvalitu paliva. To je dáno tím, že palivo se spaluje přímo v motoru. Motory o malém výkonu jsou také relativně drahé (náklady na instalovaný výkon je vyšší než u velkých zařízení). Díky tomu se opět vrací parní stroje, kde lze páru připravit v kotli nenáročném na kvalitu paliva (lze použít i několik druhů paliv). Nevýhodou parního motoru je nízká účinnost v praxi nepřekračuje 6 %. Celková účinnost s využitím kondenzačního tepla se pak pohybuje mezi 80 - 85 %. Parní stroj se tedy hodí tam, kde je velký odběr tepla a malá potřeba elektřiny.

V současnosti se vyvíjejí kogenerační jednotky s rotačním pístem SteamCell s elektrickým výkonem 4,6 kW a tepelným výkonem do 25 kW. Využívá se v systémech ústředního topení rodinných domků, jednotka by měla být schopna dodávat i pouze teplo bez produkce elektřiny. Prototypy jsou poháněny zemním plynem, dřevem a biopaliva.

V kotli se vyrábí vysokotlaká pára, která se vede do parní turbíny (kondenzační nebo protitlaké), která pohání generátor vy výrobu elektrického proudu. Pára se průchodem mění na nízkotlakou, která se využívá jako zdroj tepla.



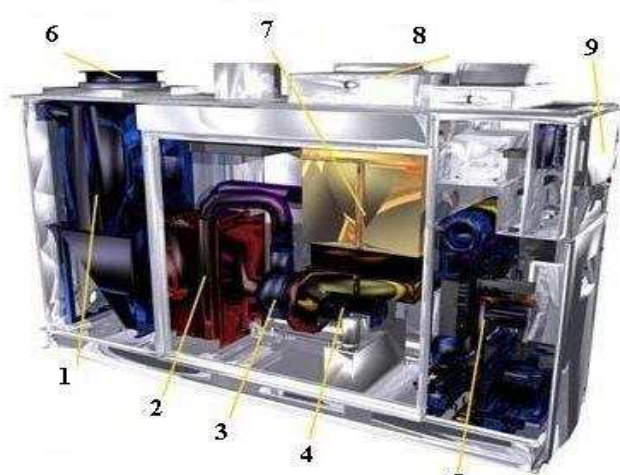
Obr. 14 Schéma zapojení s parní turbínou

Celková účinnost využití energie obsažené v primárním palivu je cca 77 - 87 %, při čemž dominantní je účinnost výroby tepla (v závislosti na tlaku před a za turbínou cca 62 - 76 %). Účinnost výroby elektrické energie se pohybuje mezi 8 - 15%. Stupeň zhodnocení primárního paliva na elektrickou energii je tedy nízký, výhodou je však oproti plynové kogeneraci možnost spalování levného paliva (uhlí) nebo obnovitelného paliva - biomasy.

**Protitlakové turbíny:** využívají pro dodávku tepla veškeré množství páry použité pro získání technické práce. Teplo je odebráno na výstupu z turbíny. Dodávaná tepelná energie má nízké parametry. Čím vyšší jsou požadavky na teplotu tepelného odběru, tím vyšší musí být vstupní teplota a tím se snižuje účinnost přeměny na elektrickou energii. Celkové využití paliva je vysoké, ale získaná tepelná energie je nízká.

**Kondenzační turbíny:** pracují hlavně jako zdroje elektrické energie. Kondenzační teplo je z oběhu odváděno při teplotě okolí a tím je dosažena velmi nízká hodnota výstupního tlaku z turbíny. Dosažuje se tak maximalizace získání elektrické energie. Odváděné teplo se však v důsledku nízké teploty nedá užitečně využít.

**3.6 Mikroturbíny:** jsou plynové turbíny malého výkonu, které pracují při vysokých otáčkách (cca  $100.000 \text{ min}^{-1}$ ). Pracují s braytonovým oběhem (obr.10) stejně jako velké plynové turbíny. Tlakový poměr je větší, vstupní teploty vyšší a teplota vzduchu do kompresoru je co nejnižší. Na hřídeli mohou být olejová nebo vzduchová ložiska, čímž odpadá olejové hospodářství turbíny. Protože se mikroturbíny pohybují rychlostí 100 000 ot/min musí být použit vysokofrekvenční generátor. Životnost se odhaduje na 40 000 až 80 000 provozních hodin.



Obr. 15 Mikroturbína

- 1 - tepelný výměník, 2 - rekuperátor, 3 - mikroturbína,  
4 - turboalternátor s permanentními magnety,  
5 - elektrický kondicionér, 6 - odvod spalin, 7 - tlumič,  
8 - přívod vzduchu, 9 - řídicí panel



Protože komerční využití mikroturbín probíhá poměrně krátkou dobu, nelze zatím stanovit přesnější údaje o poruchovosti a spolehlivosti. Lze však předpokládat, že vzhledem k malému počtu rotujících částí turbíny bude pohotovost 98 - 99 %

Na rozdíl od velkých plynových turbín, které používají axiální kompresory a axiální proudění látky, pracují mikroturbíny s radiálním prouděním pracovního média. Při malých výkonech se tím dosáhne úspory místa, menších ztrát sáláním a větší účinnosti. Při použití spalínového výměníku pro přehřev spalovacího vzduchu (rekuperátor) se výrazně zvýší účinnost, ale sníží se teplota využitelná při dodávce tepla.

Mikroturbíny jsou koncentrovány do poměrně malého prostoru, čímž se zabraňuje vzniku velkých tlakových ztrát v přívodech kompresoru, které mohou způsobit pokles účinnosti. Hlavními emisními produkty jsou oxidy  $\text{NO}_x$ , CO,  $\text{CO}_2$  a nespálené uhlovodíky.

Změna výkonu turbíny se provádí kombinací průtočného množství pracovní látky tepelného oběhu (změna otáček kompresoru) a změnou teploty spalín na vstupu do mikroturbíny. Turbíny jsou schopny najet z nulového výkonu na plný výkon za zhruba 15 sekund.

#### Parametry a vlastnosti mikroturbín:

$$P_{el} = 30 \text{ kW}_E - 350 \text{ kW}_E$$

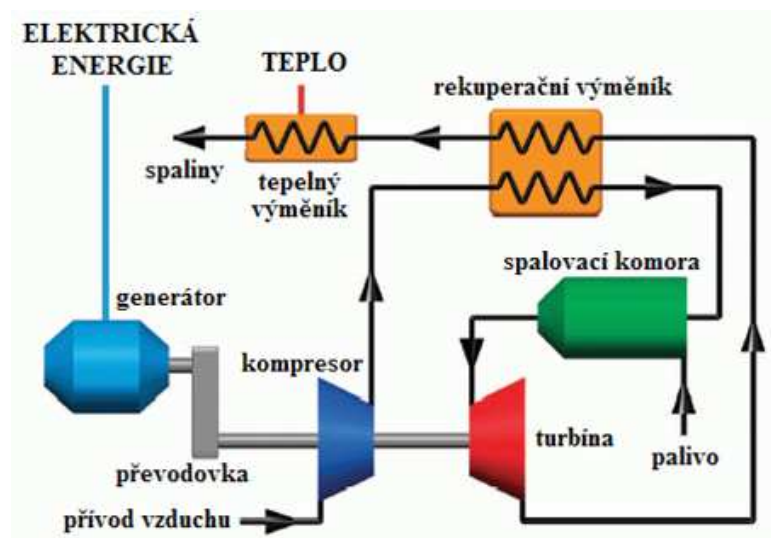
$$\eta_{el} = 20 - 30 \%$$

Cena instalovaného výkonu: 1.400 - 2000 eur/kWe

*Palivo:* zemní plyn, odpadní plyny (i méně kvalitní)

*Výhody:* nízké emise, malá hlučnost, nízké nároky na údržbu, velká dynamika změny zátěže

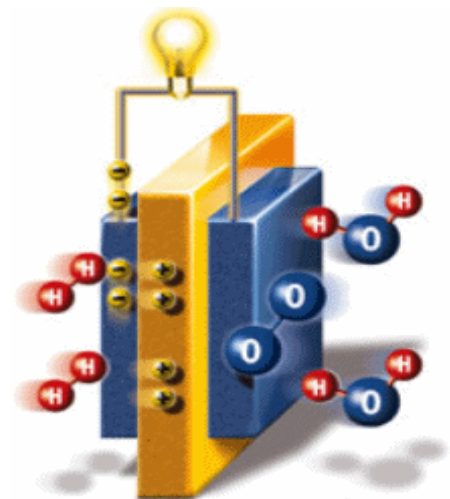
*Nevýhody:* závislost na vnějších parametrech (teplota, tlak)



Obr.16 Schéma zapojení mikroturbíny

pozn. teplota odcházejících spalín je 220 až 320°C. Pokud bychom chtěli zvýšit tuto teplotu je možné vypustit rekuperační výměník, ale dojde k poklesu elektrické účinnosti o 10-15%

**3.7 Palivový článek:** je elektrochemické zařízení, uskutečňující přímou přeměnu chemické energie vodíku a kyslíku na energii elektrickou, vodu a teplo. Tato přeměna se děje katalytickými reakcemi na elektrodách a je v podstatě založena na obráceném principu elektrolýzy vody.



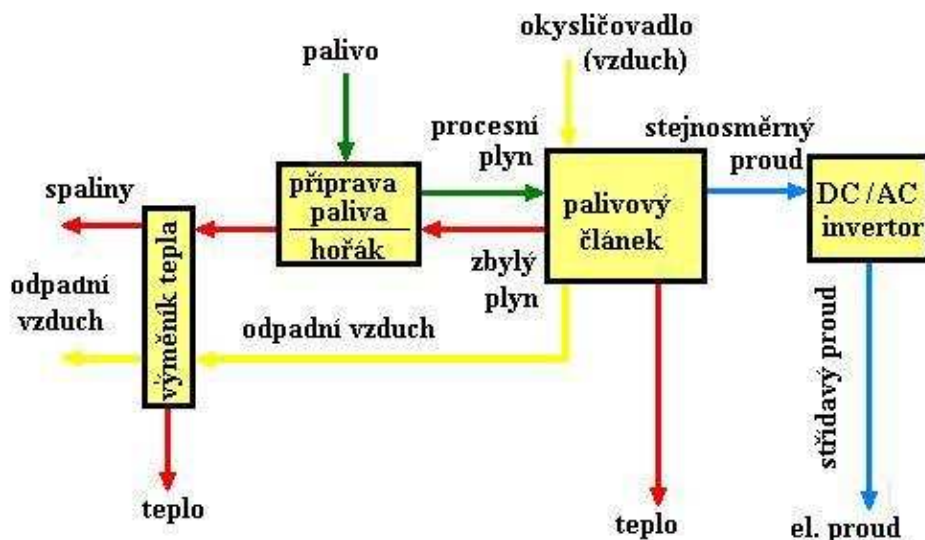
Obr. 17 Palivový článek

Palivový článek se skládá z elektrolytu (žlutá barva), elektrod (modrá barva) a elektrického okruhu. Elektrolyt musí být iontově vodivý. Pro elektrický proud musí být dielektrikem, elektrony tedy propouštět nesmí. Vodík je přiváděn k anodě, na které se katalyticky štěpí na protony a elektrony. Protony přechází elektrolytem ke katodě, zatímco uvolněné elektrony přechází vnějším vedením a produkují elektrický proud. Ke katodě je přiváděn kyslík, který zde katalyticky reaguje s prostoupenými protony a elektrony za vzniku vody.

Na obou elektrodách vzniká potenciální rozdíl kolem jednoho voltu, který při zatížení článku poklesne obvykle na hodnoty 0,5 – 0,8 V. Aby bylo dosaženo potřebného vyššího napětí, jsou desítky cel sériově uspořádány do jednotlivých svazků stavebnicovým způsobem. Jednotlivé svazky mohou být opět libovolně propojovány sériově nebo paralelně podle požadavků na výstupní napětí a proud.

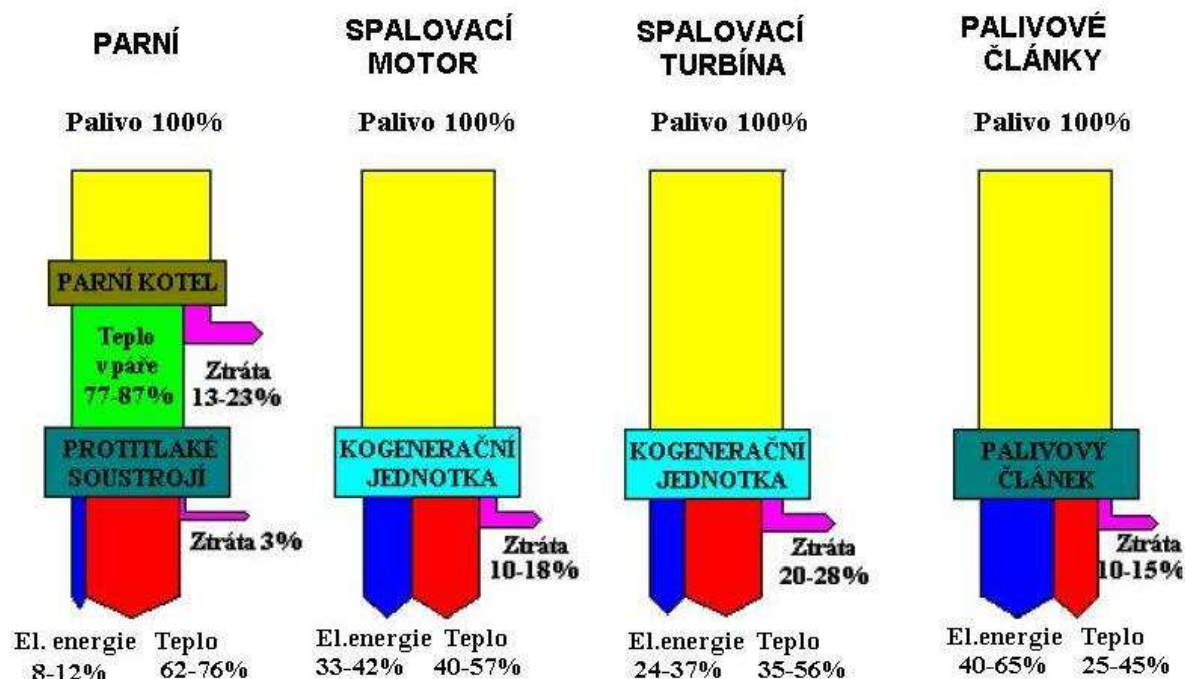
Palivem do palivových článků může být vodík v plynném nebo kapalném stavu, dále nepříímá, vodík obsahující paliva. Z nich je vodík uvolňován tzv. reformovacím procesem. Mezi nejvýznamnější nepřímé zdroje vodíku patří zemní plyn, metan, propan a metanol, případně etanol.

Palivové články se mohou uplatnit ve všech oblastech lidské činnosti. Nejvýhodnější použití palivových článků je při přímé výrobě elektrické a tepelné energie, tedy namísto současných elektráren a tepláren. Jsou šetrné k životnímu prostředí díky snadnému využívání odpadního tepla při výrobě elektrického proudu, využitelného pro ohřev budov a výrobu horké vody. Jejich tepelný výkon, je přibližně stejný nebo o něco vyšší než výkon elektrický, takže celková účinnost využití paliva při výrobě energií dosahuje až 80 %.



Obr. 18 Schéma zapojení palivového článku

### 3.8 Porovnání výroby elektrické a tepelné energie u používaných druhů KJ



Obr. 19 Porovnání výroby el. a tep. energie u používaných KJ [5]

## 4. Porovnání hlavních parametrů kogeneračních jednotek

### 4.1 Palivové články:

Výhody:

- nízké emise a nízký hluk
- vysoká účinnost v celém pásmu zatížení jednotky, flexibilita
- možnost využití velkého množství paliv, ale vyžadují úpravu na čistý vodík
- výroba nízkopotenciálního a vysokopotenciálního tepla v závislosti na typu palivového článku.

Nevýhody:

- náklady
- doba životnosti
- dlouhá startovací doba

### 4.2 Parní turbíny:

Výhody:

- vysoká celková účinnost
- možnost použití všech druhů paliv
- změna modulu teplárenské výroby během provozu
- schopnost pokrýt požadavky tepelné spotřeby při různých teplotách
- dlouhá doba životnosti

Nevýhody:

- vysoké náklady
- pomalý start

### **4.3 ORC**

Výhody:

- dlouhá doba životnosti
- využití biomasy a obnovitelných zdrojů
- malá citlivost na změnu zatížení

Nevýhody:

- velké investiční náklady
- pomalý start

### **4.4 Plynové turbíny**

Výhody:

- vysoká spolehlivost umožňující dlouhodobý nepřerušovaný provoz
- není nutná chladicí voda
- relativně nízké investiční náklady
- velký rozsah využití paliv (nafta, zemní plyn, odpadový plyn)
- schopnost kombinování paliv
- nízké emise

Nevýhody:

- nižší mechanická účinnost oproti spalovacím motorům
- spalování plynu je prováděno při vysokém tlaku
- vysoká hlučnost
- malá účinnost při nízkém zatížení
- palivo musí být čisté
- výkon klesá s nárůstem teploty
- delší doba náběhu (0,5 - 2 hod.)

### **4.5 Mikroturbíny**

Výhody:

- vysoká spolehlivost v důsledku malého počtu pohybujících se částí
- jednoduchá instalace
- nízké náklady na údržbu
- malé rozměry
- malá hmotnost

Nevýhody:

- náklady

### **4.6 Stirlingův motor**

#### Technické výhody:

- velké zkušenosti s provozem v oblasti vysokých výkonů
- menší počet třecích pohyblivých částí
- nemá vnitřní spalovací komoru
- vysoká teoretická účinnost
- vhodný pro masové využití

#### Výhody využití pro mikrokogeneraci

- není potřebný dodatečný zdroj tepla
- výroba elektrické energie není závislá na výrobě tepla
- nízké emise
- jednoduché zařízení

- Nevýhody:
- menší zkušenosti s provozem v oblasti nízkých výkonů
  - nízká mechanická účinnost motorů ve výkonovém rozmezí 350-800 W
  - lepší účinnost pro výkony nad 3 kWe
  - zatím vysoké investiční náklady

#### **4.7 Spalovací motory**

- Výhody:
- vysoká účinnost v širokém výkonovém rozmezí jednotek
  - relativně nízké investiční náklady na instalovaný elektrický výkon
  - široký rozsah výkonů od 3 kWe
  - možnost použití v ostrovním provozu
  - rychlý startovací čas na plný výkon (15s)
  - použití více paliv v provozu (lze spalovat TTO)
  - opravy lze provádět na místě
  - nízké investiční náklady pro malé jednotky
  - mohou pracovat s nízkým tlakem plynu (menší než 0,1 MPa)

- Nevýhody:
- musí být chlazeny i když se nevyužívá teplo
  - velké hodnoty nízkofrekvenčního hluku
  - vysoké náklady na údržbu

#### **4.8 Parametry kogeneračních jednotek**

TYP	Elektrický výkon	Pohotovost	Elektrická účinnost [%]		Celková účinnost	Modul teplárenské výroby
	[MW]	[%]	$P_{E,n}$	$0,5P_{E,n}$	[%]	[-]
Palivové články	0,04-50	90-92	37-45	37 -45	85 -90	0,8-1,0
Parní turbína	0,5-100	90-95	14-35	14-35	60-85	0,1-0,5
ORC	0,3-1,8	90-94	15-20	15-20	65-85	0,1-0,3
Plynová turbína	0,1-100	90-95	25-40	18-30	60-80	0,5-0,8
Mikroturbína	0,025-0,25	90-95	30-40	20-30	65-85	0,6-0,85
Stirlingův motor	0,003-1,5	85-90	35-50	34-49	60-80	1,2-1,7
Diesel motor	0,07-50	80-90	35-45	32-40	60-85	0,8-1,4
Zážehový motor	0,015-2	80-85	27-40	25-35	60-80	0,5-0,7

Tab. 2 Parametry kogeneračních jednotek [1]

## 5. Návrh a ekonomické zhodnocení zvolené kogenerační jednotky pro rodinný dům

Zvolený rodinný dům se nachází v obci Ludíkov v Jihomoravském kraji, 8 km jihovýchodně od města Boskovice v nadmořské výšce 607 m.n.m. Půdorys domu je na obrázku 22. Tepelná ztráta objektu je 15,3 kW.

Ekonomie instalace a provozu kogenerační jednotky je založena na posouzení výhodnosti nasazené kogenerační jednotky oproti jiným možnostem realizace pokrytí požadované spotřeby energií.

Vhodnou kogenerační jednotku budeme volit podle parametrů:

- *cena kogenerační jednotky*
- *pozice firmy na trhu*
- *záruční a pozáruční servis*
- *reference firmy*
- *dostupnost a cena paliva*

Kogenerační jednotka nahradí stávající plynový kotel a bude sloužit pouze pro vytápění domácnosti a ohřev teplé užitkové vody (TUV). Vyrobená elektrická energie bude sloužit pro krytí vlastní spotřeby a přebytečná elektrická energie bude prodávána.

Nejvíce požadovaným parametrům odpovídá kogenerační jednotka **MICRO T8**, kterou vyrábí firma TEDOM. Tato kogenerační jednotka se řadí mezi stroje malých výkonů, ale zároveň se vyznačuje vysokou tepelnou a celkovou účinností. Cena jednotky je 390 000 Kč bez DPH

### 5.1 Kogenerační jednotka TEDOM MICRO T8



Obr. 20 KJ TEDOM Micro T8

U těchto jednotek je transformace tepelné energie z paliva na mechanickou energii zajišťována pomocí spalovacího motoru, který spaluje zemní plyn. Motor pohání el. generátor, který zajišťuje výrobu el. energie.

Pro dodávku tepla z KJ je využíváno teplo z výfukových plynů motoru a tepla z chlazení bloku motoru a chlazení oleje.

Nejčastěji jsou však KJ používány a projektovány na běžné parametry teplovodního systému a to 90/70°C, méně již na parametry 110/85°C. U teplovodního způsobu se vratná voda o teplotě 70°C zavede nejdříve do výměníku s nižší teplotovou hladinou a její dohřívání na 90 °C probíhá v dalším výměníku.

Tepelná bilance KJ se spalovacím motorem je znázorněna na obrázku 23, kde je i uveden podíl vyráběné elektrické energie, podíl v teple a tepelné ztráty.

KJ TEDOM Micro T8 je vybaveny asynchronním generátorem, nemají synchronizační zařízení, jsou jednodušší a levnější. Je možné je doplnit mikroprocesorovým řídicím systémem, který umožňuje dálkové sledování provozu.



U malých zařízení se jedná jen o automatický start, odstavení a nejčastěji dvoustupňové zatěžování.

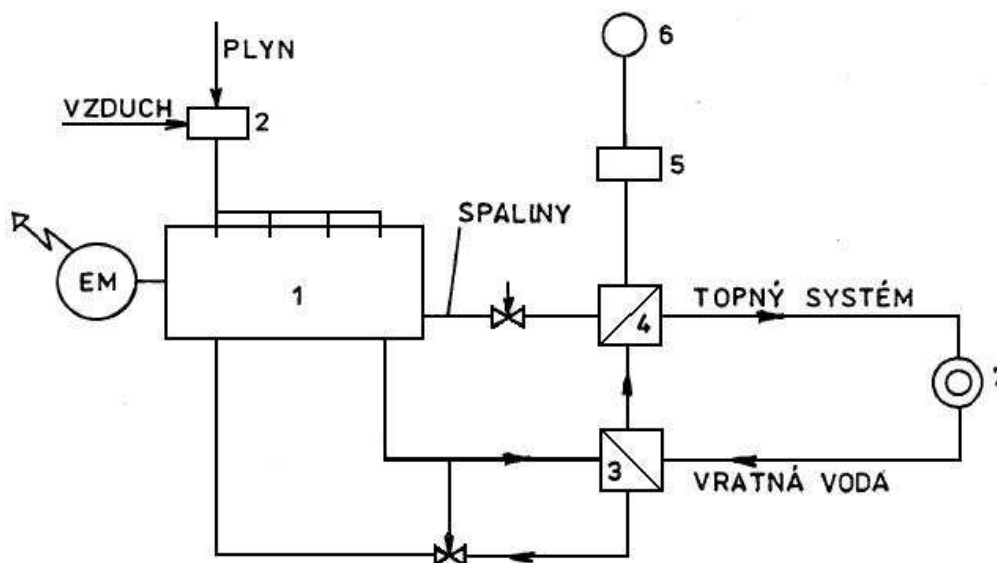
Jestliže úkolem kogenerační jednotky je dodávka tepla a elektrická energie je vedlejším produktem, pak se řídí činnost všech jednotek podle venkovní teploty, teploty vratné vody, teplotního rozdílu topné a vratné vody, atd.

Pokud se kogenerační jednotka používá jako zdroj tepla pro topení a ohřev vody, musí být vybavena sekundárním okruhem, který zajišťuje vývod tepla do topného systému. Pokud není možné odvést plný tepelný výkon kogenerační jednotky, je vhodné doplnit systém chladicí jednotkou pro nouzové chlazení.

Elektřinu z kogenerační jednotky je také možné prodat do veřejné sítě. Provozovatel distribuční soustavy (ČEZ, E.ON) je povinen tuto elektřinu vykoupit, jsou-li dodrženy technické podmínky. Pokud je palivem bioplyn, dřevoplyn nebo jiný druh biomasy, jsou výkupní ceny vyšší. Výši výkupní ceny předepisuje pro každý rok zvlášť Energetický regulační úřad. Cena se liší podle druhu paliva a velikosti zařízení. U elektřiny z biomasy lze uplatnit tzv. zelené bonusy v případě, že je elektřina spotřebována ve vlastním objektu.

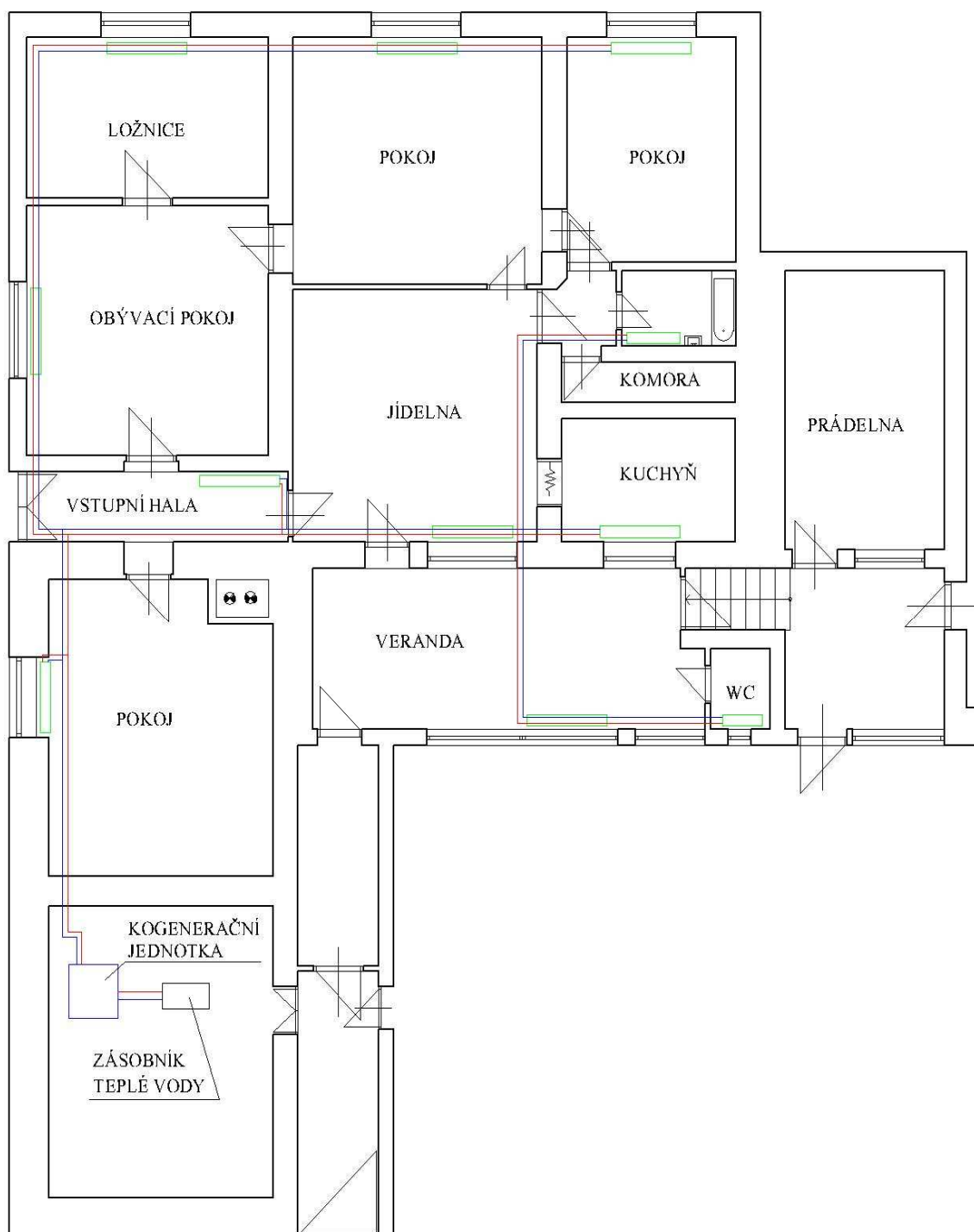
Kogenerační jednotky pracují bezobslužně. Ke kontrole slouží denní vizuální kontrola, jež má odhalit poruchy či jiné nepravidelnosti chodu. V příloze č. 1 je uvedena základní údržba na správné provozování KJ.

V průběhu provozování KJ dochází k opotřebování některých částí a dílů jednotky, především spalovacího motoru. Skutečná životnost těchto dílů, a tedy interval jejich výměny je závislý na mnoha faktorech, především na způsobu provozování jednotky a na důsledném provádění technických ošetření.



Obr. 21 Schéma zapojení KJ s plynovým spalovacím motorem [4]

1 – Kogenerační jednotka, 2 - směšovací zařízení plyn/vzduch,  
3 - výměník voda/voda pro chlazení válců motoru, 4 - výměník spaliny/voda,  
5 - katalyzátor  $\text{NO}_x$ , 6 - komín, 7 - spotřebič tepla



Obr. 22 Půdorys domu kde bude KJ zapojena

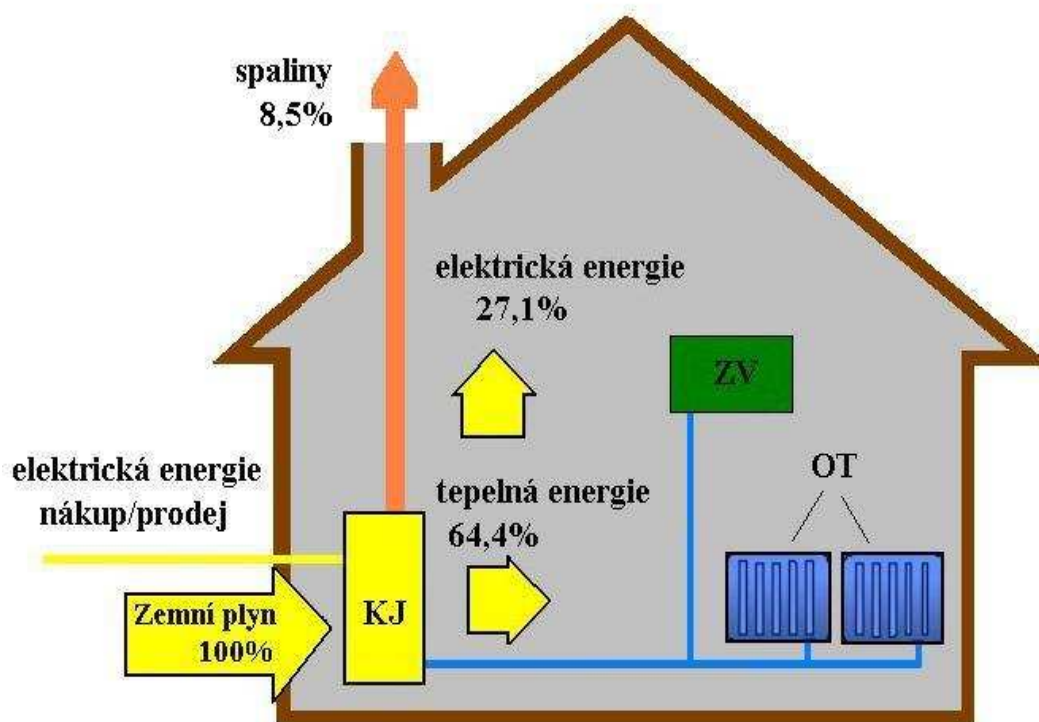


### *Základní podmínky úspěšné instalace kogenerační jednotky*

- plné využití vyrobeného tepla i v letních měsících
- možnost vlastní spotřeby vyrobené el. energie nebo její dodávky do veřejné sítě
- zpracování důkladné ekonomické rozvahy, která vychází ze zjištění reálných způsobů vytápění pro daný objekt, spotřeby el. energie, investičních a provozních nákladů, návratnosti vložených finančních prostředků
- KJ musí splňovat emisní limity Vyhlášky 117/97 Sb. MŽP ČR ze dne 12.5.1997, bod 1.1.6. platné pro KJ s plynovými spalovacími motory.
- v případě prodeje el. energie (tepla) je nutné zažádat Ministerstvo obchodu a průmyslu o udělení Státní autorizace na prodej el. energie (tepla) a uzavřít smlouvu o odběru el. energie s vlastníkem rozvodné sítě (např. JmE a.s.)

## 5.2 Tepelná bilance KJ Tedom Micro T8

Pro sestavení bilance je třeba zjistit všechny energetické ztráty a zisky, respektive potřeby a zdroje. U starších domů byla největší ztrátou potřeba tepla na vytápění a větrání. Kogenerační jednotky s (automobilovými) zážehovými nebo vznětovými motory upravené pro spalování plynu využívají palivo asi z 80% až 85%.



Obr. 23 Tepelná bilance KJ TEDOM MICTO T8

*KJ - kogenerační jednotka, ZV - zásobník vody, OT - otopné tělesa*

Palivo zemní plyn = 100%

**Q** - účinnost výroby tepla (*poměr tepla využitelného k teplu přiváděnému v palivu*) = **64,4 %**

**P** - účinnost výroby el.energie (*poměr el.výkonu ku příkonu v přiváděném plynu*) = **27,1 %**

**Z** - tepelné ztráty = **8,5 %**

### 5.3 Základní charakteristické a technické údaje KJ

TECHNICKÉ ÚDAJE		
jmenovitý el. výkon	8,0	kW
max. tepelný výkon	19,0	kW
příkon v palivu	29,5	kW
účinnost elektrická	27,1	%
účinnost tepelná	64,4	%
účinnost celková (využití paliva)	91,5	%
spotřeba plynu při 100% výkonu	3,15	m <sup>3</sup> /h
spotřeba plynu při 75% výkonu	2,60	m <sup>3</sup> /h
spotřeba plynu při 50% výkonu	1,95	m <sup>3</sup> /h

Tab. 3 Technické údaje KJ TEDOM MICRO T8

OSTATNÍ ÚDAJE		
<i>palivo</i>		
výhřevnost zemního plynu	34,0	MJ/m <sup>3</sup>
tlak plynu	2 - 6,5	kPa
<i>hodnoty spalovacího vzduchu a odvodu spalin</i>		
množství spalovacího vzduchu	29	Nm <sup>3</sup> /h
množství odváděných spalin	32	Nm <sup>3</sup> /h
<i>rozměry a hmotnosti jednotky</i>		
celková délka KJ	1260	mm
celková šířka KJ	1180	mm
provozní hmotnost celé KJ	710	Kg

Tab. 4 Ostatní údaje ke KJ TEDOM MICRO T8

Pozn: další upřesňující technické údaje ke KJ TEDOM MICRO T8 a jejího příslušenství včetně plánu údržby jsou podrobně upřesněny v příloze č.1

## 5.4 Výpočet doby pohotovosti a doby spolehlivosti kogenerační jednotky

Typická KJ pracující se spalovacím motorem má plánovaný čas pro odstávku v důsledku údržby 438 hod/rok. Maximální udávána hodnota pro neplánované odstávky v důsledku poruch je 420 hod/rok. [1]

*Pohotovost -  $ph$*  - určuje provozuschopnost KJ během doby  $T$ , která odpovídá 1 roku.

*Doba pohotovosti -  $T_{PH}$*  - je menší než  $T$  o čas odpovídající době odstávek pro vykonání pravidelné údržby a oprav a o čas odpovídající době trvání poruch.

$$ph = \frac{T_{PH}}{T} = \frac{T - (T_{OD,p\ln} + T_{OD,npl})}{T} [-] \quad (7) [1]$$

*Spolehlivost -  $sp$*  - náchylnost zařízení k poruchám, je definována jako pravděpodobnost bezporuchového provozu za uvažované období  $T$

$$sp = \frac{T_{PH}}{T - T_{OD,p\ln}} = \frac{T - (T_{OD,p\ln} + T_{OD,npl})}{T - T_{OD,p\ln}} [-] \quad (8) [1]$$

$T_{OD,p\ln}$  - doba pro nutné plánované odstávky KJ pro servisní účely [hod]

$T_{OD,npl}$  - doba neplánované odstávky KJ v důsledku poruchy [hod]

Výrobce udává spolehlivost podle vzorce

$$sp = \frac{T - (T_{OD,p\ln} + T_{OD,npl})}{T - T_{OD,p\ln}} = \frac{8760 - (438 - 420)}{8760 - 438} \cdot 100 = \underline{\underline{94,95\%}}$$

přičemž doba pohotovosti je:

$$T_{PH} = T - (T_{OD,p\ln} + T_{OD,npl}) = 8760 - (438 + 420) = \underline{\underline{7902\text{hod}}}$$

a pohotovost KJ

$$ph = \frac{T - (T_{OD,p\ln} + T_{OD,npl})}{T} = \frac{8760 - (438 + 420)}{8760} \cdot 100 = \underline{\underline{90,21\%}}$$

*pozn. všechny zde použité vzorce jsou uvedeny v literatuře [1] a zároveň doporučené hodnoty pro výpočet udává i výrobce jednoty.*

## 5.5 Výpočet ekonomického provozu kogenerační jednotky

KJ může pracovat ve 3 stavech zatížení výkonu (100%, 75% a 50%). V následujícím výpočtu je stanoveno kolik KJ vyrobí za rok elektrické a tepelné energie při různých zatíženích.

### **a) při 100% zatížení KJ**

#### tepelná energie

max. tepelný výkon KJ je 19 kW

Výroba tepla z KJ (GJ/rok) = max. tepelný výkon · počet provozních hodin za rok · 0,0036

Výroba tepla =  $19 \cdot 4\,927,4 \cdot 0,0036 = \underline{\underline{337,03 \text{ GJ/rok}}}$

Počet provozních hodin = počet provozních hodin za den · počet provozních dní v roce

Počet provozních hodin =  $14,2 \cdot 347 = 4\,927,4$

#### Elektrická energie

Max. el. výkon 8,0 kW

Výroba el. energie na KJ = max. el. výkon · počet provozních hodin za rok

Výroba el. energie na KJ =  $8,0 \cdot 4\,927,4 = \underline{\underline{39\,419,2 \text{ kWh/rok}}}$

### **b) při 75% zatížení KJ**

#### tepelná energie

Max. tepelný výkon KJ je 14,25 kW

Výroba tepla z KJ (GJ/rok) = max. tepelný výkon · počet provozních hodin za rok · 0,0036

Výroba tepla =  $14,25 \cdot 4\,927,4 \cdot 0,0036 = \underline{\underline{252,77 \text{ GJ/rok}}}$

Počet provozních hodin = počet provozních hodin za den · počet provozních dní v roce

Počet provozních hodin =  $14,2 \cdot 347 = 4\,927,4$

#### Elektrická energie

Max. el. výkon 6,0 kW

Výroba el. energie na KJ = max. el. výkon · počet provozních hodin za rok

Výroba el. energie na KJ =  $6,0 \cdot 4\,927,4 = \underline{\underline{29\,564,4 \text{ kWh/rok}}}$

### **c) při 50% zatížení KJ**

#### tepelná energie

Max. tepelný výkon KJ je 9,5 kW

Výroba tepla z KJ (GJ/rok) = max. tepelný výkon · počet provozních hodin za rok · 0,0036

Výroba tepla =  $9,5 \cdot 4\,927,4 \cdot 0,0036 = \underline{\underline{168,50 \text{ GJ/rok}}}$

Počet provozních hodin = počet provozních hodin za den · počet provozních dní v roce

Počet provozních hodin =  $14,2 \cdot 347 = 4\,927,4$

#### Elektrická energie

Max. el. výkon 4,0 kW

Výroba el. energie na KJ = max. el. výkon · počet provozních hodin za rok

Výroba el. energie na KJ =  $4,0 \cdot 4\,927,4 = \underline{\underline{19\,709,6 \text{ kWh/rok}}}$

Zatížení KJ	100% zatížení	75% zatížení	50% zatížení
spotřeba ZP	3,15 m <sup>3</sup> /h	2,60 m <sup>3</sup> /h	1,95 m <sup>3</sup> /h
jmenovitý el.výkon max. tepelný výkon	8,0 kW 19,0 kW	6,0 kW 14,25 kW	4,0 kW 9,5 kW
vyrobený el.výkon vyrobené teplo	39 419,2 kWh/rok 337,03 GJ/rok	29 564,4 kWh/rok 252,77 GJ/rok	19 709,6 kWh/rok 168,50 GJ/rok

Tab.5 Porovnání vypočtených hodnot

## 5.6 Výpočet roční potřeby tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Tento výpočet byl proveden na on-line kalkulačce na [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz), přesná adresa je v použité literatuře [9]

<b>Lokalita: Ludíkov (Boskovice, Jihomoravský kraj)</b>  $t_e = -15\text{ °C}$ (venkovní výpočtová teplota) $t_{em} = 13\text{ °C}$ (střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období) $t_{es} = 3,7\text{ °C}$ (prům. teplota během otopného období) $d = 241$ (délka topného období)	
<p style="text-align: center;"><b><u>VYTÁPĚNÍ</u></b></p> <p>Tepelná ztráta objektu <math>Q_C = 15,3\text{ kW}</math>  Prům. vnitřní výpočtová teplota <math>t_{is} = 19\text{ °C}</math></p> <p><i>Vytápěcí denostupně</i>  <math>D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3\,687\text{ K.dny}</math></p> <p><i>Opravné součinitele a účinnosti systému</i>  <math>e_i = 0,85</math>      <math>\eta_o = 0,95</math>  <math>e_t = 0,90</math>      <math>\eta_r = 0,95</math>  <math>e_d = 1,00</math></p> <p><i>Opravný součinitel</i>  <math>\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0,765</math></p> $Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_C \cdot D}{(t_{is} \cdot t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} =$ $= \frac{0,765}{0,95 \cdot 0,95} \cdot \frac{24 \cdot 15,3 \cdot 3687}{(19 \cdot 3,7)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} =$ <p style="text-align: center;"><u><u><math>= 121,5\text{ GJ / rok, } (33,8\text{ MWh / rok})</math></u></u></p>	<p style="text-align: center;"><b><u>OHŘEV TEPLÉ VODY</u></b></p> <p><math>t_1 = 12\text{ °C}</math>      <math>\rho = 1\,000\text{ kg/m}^3</math>  <math>t_2 = 65\text{ °C}</math>      <math>c = 4\,186\text{ J/kgK}</math>  <math>V_{2p} = 0,150\text{ m}^3/\text{den}</math> (denní spotřeba vody)</p> <p>koef. energetických ztrát systému <math>z = 0,5</math></p> <p><i>Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody</i></p> $Q_{VYT,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = \underline{\underline{13,9\text{ kWh}}}$ <p>Teplota studené vody v létě: <math>t_{SVI} = 15\text{ °C}</math>  Teplota studené vody v zimě: <math>t_{SVZ} = 5\text{ °C}</math>  Počet dní soustavy v roce: <math>N = 356\text{ dnů}</math></p> $Q_{VYT,d} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{SVL}}{t_2 - t_{SVZ}} \cdot (N - d)$ $= 11,1 \cdot 241 + 0,8 \cdot 11,1 \cdot \frac{65 - 15}{65 - 5} \cdot (356 - 241) =$ <p style="text-align: center;"><u><u><math>= 16,2\text{ GJ / rok, } (4,5\text{ MWh / rok})</math></u></u></p>
<p style="text-align: center;"><b><u>Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody</u></b></p> <p><math>Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = 121,5\text{ GJ/rok} + 16,2\text{ GJ/rok} = \underline{\underline{137,7\text{ GJ/rok } (38,2\text{ MWh/rok})}}</math></p>	

Tab. 6 Roční spotřeba tepla pro vytápění a ohřev TUV

Roční spotřeba elektrické energie je 4 801 kWh (odečteno z faktury za rok 2007), proto KJ bude provozována po celou dobu její životnosti na 50 % výkon (bod C, str.35), protože ten plně postačuje na provoz domácnosti.

Typ jednotky	MICRO T8	Cena paliva (ZP)	10,01 Kč/m <sup>3</sup>
Elektrický výkon	4,0 kW	Počet provoz. hodin za den	14,2 hod/den
Tepelný výkon	9,5 kW	Počet provoz. dní v roce	347 dní/rok
Spotřeba plynu	1,95 m <sup>3</sup> /hod	Počet provoz. hodin za rok	4 927,4 hod/rok
Cena KJ bez DPH	390 000 Kč	Servisní náklady	0,40 Kč/kWh až 0,60 Kč/kWh
Stavební úpravy v RD	5 000 Kč		

Tab. 7 Souhrnné informace o KJ

## 5.7 Výpočet návratnosti kogenerační jednotky

V mém případě bude KJ sloužit výhradně pro potřeby tepla, tudíž jen nahradí plynový kotel. Zároveň bude sloužit pro krytí vlastní spotřeby elektrické energie a přebytečná energie bude prodávána do elektrické sítě.

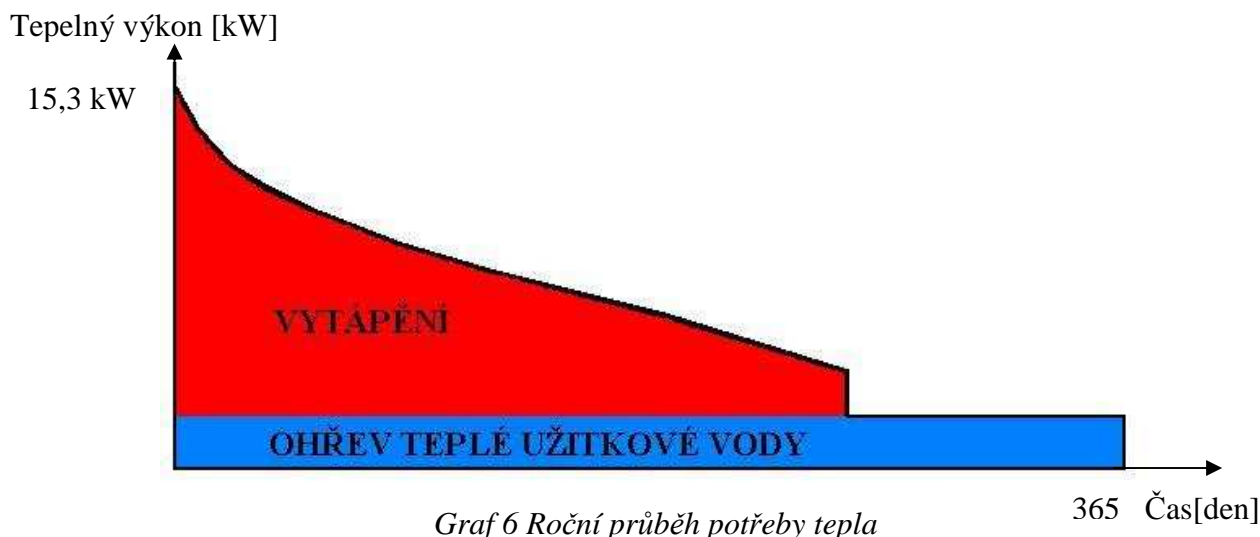
V následujícím textu jsou provedeny tři výpočty návratnosti KJ při různých způsobech provozu a financování.

*Kapitola 5.7.1* KJ koupená za hotové bez dotace. KJ zároveň slouží pro krytí vlastní spotřeby energie a prodeje přebytku elektrické energie

*Kapitola 5.7.2* KJ koupená za hotové s příspěvkem dotace. KJ slouží pro krytí vlastní spotřeby energie a prodeje přebytku elektrické energie

*Kapitola 5.7.3* KJ koupená za hotové s příspěvkem dotace. KJ slouží jen pro krytí tepelné energie a všechna vyrobená elektrická energie je prodávána

### Roční průběh potřeby tepla



### 5.7.1 KJ koupená za hotové bez dotace. KJ zároveň slouží pro krytí vlastní spotřeby energie a prodeje přebytku elektrické energie.

#### 1. Náklady na pořízení KJ

Náklady na pořízení KJ se skládají jak z koupi jednotky, dále musíme připočítat náklady na zařízení, které nám slouží ke kopírování vlastní spotřeby a samozřejmě připočítáme náklady na stavební úpravy.

Cena KJ:	390 000 Kč
Cena KJ s 19 % DPH:	464 100 Kč
Zařízení na kopírování vlastní spotřeby:	15 000 Kč
Stavební úpravy:	5 000 Kč

**Náklady celkem: 484 100 Kč**

#### 2. Výroba elektrické a tepelné energie při 50% zatížení

Roční potřeba tepla na vytápění a na ohřev teplé vody je 137,7 GJ (tabulka 6). KJ dodává při 50 % zatížení ročně 168,50 GJ tepla. Z toho vyplývá, že jednotka dodává o 18,27 % tepla více než potřebujeme, proto jednotka bude v provozu pouze 283,5 dní v roce (z plánovaných 347 dní v roce).

Výpočet:

el. výkon:	4,0 kW
počet hodin:	14,2 hod/den
počet dní:	283,5 den/rok

Výroba el. energie = el. výkon · počet hodin · počet dní [kWh/rok]

Výroba el. energie =  $4,0 \cdot 14,2 \cdot 283,5 = \underline{\underline{16\,102,8\text{ kWh/rok}}}$

#### 3. Roční náklady na provoz KJ

Roční náklady můžeme rozdělit na náklady: a) *náklady na provoz KJ*  
b) *náklady na zemní plyn*

a) *servisní náklady na provoz KJ*

Výrobce KJ udává náklady na provoz KJ cenu mezi 0,40 Kč/kWh až 0,60 Kč/KWh. Kogenerační jednotka bude v provozu průměrně 284 dnů v roce. Servisní náklady na roční provoz činí 0,40 Kč/kWh. Přesnější údaje týkající se servisu a správného provozu KJ jsou uvedeny v příloze č.1.

Výpočet:

Náklady na provoz KJ = servisní náklady · vyrobená el. energie [Kč/rok]

Náklady na provoz KJ =  $0,40\text{ Kč/kWh} \cdot 16\,102,8\text{ kWh/rok} = \underline{\underline{6\,441\text{ Kč/rok}}}$

*b) roční náklady na zemní plyn*

Výpočet:

Spotřeba ZP:	1,95 m <sup>3</sup> /hod
Cena za 1m <sup>3</sup> ZP:	10,01 Kč/m <sup>3</sup>
Počet hodin provozu:	14,2 hod/den
Počet dní provozu:	283,5 den/rok

Cena ZP = počet hodin provozu · počet dní provozu · spotřeba ZP · cena za 1m<sup>3</sup> ZP [Kč/rok]

Cena ZP = 14,2 · 283,5 · 1,95 · 10,01 = **78 579,50 Kč/rok**

**4. Roční spotřeba energií RD**

V této kapitole je proveden výpočet nákladů na elektrickou a tepelnou energii bez použití KJ. V celkovém součtu budou tyto náklady považovány za zisk.

Roční náklady pro daný rodinný dům můžeme rozdělit na:

- a) náklady na elektrickou energii*
- b) náklady na zemní plyn*

*a) náklady za elektrickou energii*

Spotřeba elektrické energie: **4 801 kWh** (odečteno z faktury za rok 2007)

Cena el. energie podle ceníku E.ON za rok 2008 je: *vysoký tarif (VT)* **4 553,96 Kč/MWh**  
*nízký tarif (NT)* **1 663,01 Kč/MWh**

Spotřeba el. energie v pásmech VT a NT: **VT: 3,422 MWh**  
**NT: 1,379 MWh**

Roční náklady při VT = 3,422 MWh · 4 553,96 Kč/MWh = **15 583,65 Kč/rok**

Roční náklady při NT = 1,379 MWh · 1 663,01 Kč/MWh = **2 293,29 Kč/rok**

Celkové náklady = náklady ve VT + náklady v NT

Celkové náklady = 15 585,50 + 2 293,50 = **17 877 Kč/rok**

*b) náklady na zemní plyn*

roční spotřeba ZP: 4 766 m<sup>3</sup>/rok [4]  
cena ZP: 10,01 Kč/m<sup>3</sup>

Cena ZP = roční spotřeba ZP · cena ZP [Kč/rok]

Cena ZP = 4 766 · 10,01 = **47 708 Kč/rok**



## **5. Zisk z prodeje elektrické energie**

Výrobce elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla s celkovým instalovaným výkonem do 1MW<sub>e</sub> je příspěvek k ceně elektřiny 330 Kč/MWh za každou vykázanou MWh vyrobené elektřiny.

Za každou vykázanou MWh vyrobené elektřiny dostává výrobce 1 420 Kč/MWh.

Výpočet:

a) příspěvek k ceně elektřiny

Příspěvek k ceně elektřiny = 330 Kč/MWh · vyrobená elektrická energie [MWh]

Příspěvek k ceně elektřiny = 330 Kč/MWh · 16,1028 [MWh] = **5 314 Kč/rok**

b) zisk z prodeje elektrické energie

Vyrozená elektrická energie: 16 108,6 kWh/rok

Krytí vlastní spotřeby: 4 801 kWh/rok

Roční zisk = 1 420 Kč/MWh · (vyrozená el. energie – krytí vlastní spotřeby) [Kč/rok]

Roční zisk = 1 420 · (16, 1028 – 4,801) = **16 048,50 Kč/rok**

## **6. Návratnost KJ**

Návratnost spočítáme tak, že celkové náklady na pořízení KJ podělíme ročním ziskem, který získáme z prodeje elektrické energie, ušetřenými náklady na vytápění a ohřev teplé vody a náklady na elektrickou energii.

$$\text{Návratnost} = \frac{\text{celkové náklady}}{\text{zisk}}$$

Roční zisk = A [Kč/rok] + B [Kč/rok] + C [Kč/rok] + D [Kč/rok] – E [Kč/rok] – F [Kč/rok]

Roční zisk = 5 314 + 47 708 + 17 877 + 16 048,50 - 78 579,50 - 6 441

**Roční zisk = 1 927 Kč/rok**

A – příspěvek na vyrobenou el. energii

B – úspora za vytápění a ohřev TUV

C – úspora za elektrickou energii

D – prodaná elektrická energie

E – náklady na zemní plyn

F – servisní náklady na provoz KJ

Výpočet návratnost KJ

$$\text{Návratnost} = \frac{\text{celkové náklady}}{\text{zisk}} = \frac{484100}{1927} = \underline{\underline{251,2 \text{ roku}}}$$

Tato varianta není přijatelná z těchto hledisek:

- a) životnost jednotky je 15 roků. Při správném dodržování servisu je životnost maximálně 18 – 20 let
- b) zařízení by se po 18 – 20 letech muselo vyměnit za nové a nikdy by se nám vložené investice do KJ nevrátili

Varianta možného zlepšení návratnosti:

- a) návratnost jednotky by se mohla snížit pokud by se výrazně zvedla cena dotované vykupované elektřiny.
- b) získat dotace na kogenerační jednotku

### 5.7.2 KJ koupená za hotové s příspěvkem dotace. KJ slouží pro krytí vlastní spotřeby energie a prodeje přebytku elektrické energie.

#### 1. Příspěvek na KJ

Fyzické osoby mohou získat finanční podporu ve formě dotací na projekty, které vedou ke zlepšení životního prostředí nebo k ekologickému vytápění. Příspěvek na kogenerační technologie činí maximálně 30% z nákladů, ale jen do výše 3.000.000 Kč

Cena KJ s příspěvkem 30 %

Dotace na KJ:  $464\,100 \cdot 0,30 = 139\,230$  Kč

Cena KJ s dotací =  $464\,100 - 139\,230 = 324\,870$  Kč

#### 2. Náklady na pořízení KJ

Náklady na pořízení KJ se skládají jak z koupi jednotky, tak dále musíme připočítat náklady na kopírování vlastní spotřeby, která se stanovuje cena pro malé jednotky.

Cena KJ: 390 000 Kč

Cena KJ s 19% DPH: 464 100 Kč

Cena s dotací 324 870 Kč

Zařízení na kopírování vlastní spotřeby: 15 000 Kč

Stavební úpravy: 5 000 Kč

Náklady celkem: 344 870 Kč

#### 3. Výroba elektrické a tepelné energie při 50% zatížení

Roční potřeba tepla na vytápění a na ohřev teplé vody je 137,7 GJ (tabulka 6).

KJ dodává při 50 % zatížení ročně 168,50 GJ tepla, z toho vyplývá že jednotka dodává o 18,27 % tepla více než potřebujeme. Jednotka bude v provozu pouze 283,5 dní v roce (z plánovaných 347 dní v roce).

Výpočet:

el. výkon: 4,0 kW  
počet hodin: 14,2 hod/den  
počet dní: 283,5 den/rok

Výroba el. energie = el. výkon · počet hodin · počet dní [kWh/rok]

Výroba el. energie =  $4,0 \cdot 14,2 \cdot 283,5 = \underline{\underline{16\,102,8\text{ kWh/rok}}}$

#### **4. Roční náklady na provoz KJ**

Roční náklady můžeme rozdělit na náklady: a) *náklady na provoz KJ*  
b) *náklady na zemní plyn*

a) *servisní náklady na provoz KJ*

Výrobce KJ TEDOM MICRO T8 udává náklady na provoz KJ cenu mezi 0,40 Kč/kWh až 0,60 Kč/KWh. Kogenerační jednotka bude v provozu průměrně 283,5 dnů v roce. Servisní náklady na roční provoz činí 0,40 Kč/kWh. Přesnější údaje týkající se servisu a správného provozu jsou uvedeny v příloze č.1.

Výpočet:

Náklady na provoz KJ = servisní náklady · vyrobená el. energie [Kč/rok]

Náklady na provoz KJ =  $0,40\text{ Kč/kWh} \cdot 16\,102,8\text{ kWh/rok} = \underline{\underline{6\,441\text{ Kč/rok}}}$

b) *roční náklady na zemní plyn*

Výpočet:

Spotřeba ZP: 1,95 m<sup>3</sup>/hod  
Cena za 1m<sup>3</sup> ZP: 10,01 Kč/m<sup>3</sup>  
Počet hodin provozu: 14,2 hod/den  
Počet dní provozu: 283,5 den/rok

Cena ZP = počet hodin provozu · počet dní provozu · spotřeba ZP za 1hod · cena za 1m<sup>3</sup> ZP

Cena ZP =  $14,2 \cdot 283,5 \cdot 1,95 \cdot 10,01 = \underline{\underline{78\,579,50\text{ Kč/rok}}}$

#### **5. Roční spotřeba energií RD**

V této kapitole je proveden výpočet nákladů na elektrickou a tepelnou energii bez použití KJ. V celkovém součtu budou tyto náklady považovány za zisk.

Roční náklady pro daný rodinný dům můžeme rozdělit na:

- a) *náklady na elektrickou energii*
- b) *náklady na zemní plyn*

*a) náklady za elektrickou energii*

Spotřeba elektrické energie: **4 801 kWh** (odečteno z faktury za rok 2007).

Cena el. energie podle ceníku E.ON za rok 2008 je: *vysoký tarif (VT)* **4 553,96 Kč/MWh**  
*nízký tarif (NT)* **1 663,01 Kč/MWh**

Spotřeba el. energie v pásmech VT a NT: **VT: 3,422 MWh**  
**NT: 1,379 MWh**

Roční náklady při VT = 3,422 MWh · 4 553,96 Kč/MWh = **15 583,65 Kč/rok**

Roční náklady při NT = 1,379 MWh · 1 663,01 Kč/MWh = **2 293,29 Kč/rok**

Celkové náklady = náklady ve VT + náklady v NT

Celkové náklady = 15 583,65 + 2 293,29 = **17 877 Kč/rok**

*b) náklady na zemní plyn*

roční spotřeba ZP: 4 766 m<sup>3</sup>/rok [4]

cena ZP: 10,01 Kč/m<sup>3</sup>

Cena ZP = roční spotřeba ZP · cena ZP [Kč/rok]

Cena ZP = 4 766 · 10,01 = **47 708 Kč/rok**

**6. Zisk z prodeje elektrické energie**

Výrobce elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla s celkovým instalovaným výkonem do 1MW<sub>e</sub> je příspěvek k ceně elektřiny 330 Kč/MWh za každou vykázanou MWh vyrobené elektřiny.

Za každou vykázanou MWh vyrobené elektřiny dostává výrobce 1 420 Kč/MWh.

Výpočet:

*a) příspěvek k ceně elektřiny*

Příspěvek k ceně elektřiny = 330 Kč/MWh · vyrobená elektrická energie [MWh]

Příspěvek k ceně elektřiny = 330 Kč/MWh · 16,1028 [MWh] = **5 314 Kč/rok**

*b) zisk z prodeje elektrické energie*

Vyrozená elektrická energie: 16 108,6 kWh/rok

Krytí vlastní spotřeby: 4 801 kWh/rok

Roční zisk = 1 420 Kč/MWh · (vyrozená el. energie – krytí vlastní spotřeby) [Kč/rok]

Roční zisk = 1 420 · (16,1028 - 4,801) = **16 048,50 Kč/rok**

## 7. Návratnost KJ

Návratnost spočítáme tak, že celkové náklady na pořízení KJ podělíme ročním ziskem, který získáme z prodeje elektrické energie, ušetřenými náklady na vytápění a ohřev teplé vody a náklady na elektrickou energii.

$$\text{Návratnost} = \frac{\text{celkové náklady}}{\text{zisk}}$$

$$\text{Roční zisk} = \mathbf{A} \text{ [Kč/rok]} + \mathbf{B} \text{ [Kč/rok]} + \mathbf{C} \text{ [Kč/rok]} + \mathbf{D} \text{ [Kč/rok]} - \mathbf{E} \text{ [Kč/rok]} - \mathbf{F} \text{ [Kč/rok]}$$

$$\text{Roční zisk} = 5\,314 + 47\,706 + 17\,877 + 16\,048,50 - 78\,579,50 - 6\,441$$

$$\mathbf{\text{Roční zisk} = 1\,927 \text{ Kč/rok}}$$

*A – příspěvek na vyrobenou el. energii*

*B – úspora za vytápění a ohřev TUV*

*C – úspora za elektrickou energii*

*D – prodaná elektrická energie*

*E – cena zemního plynu*

*F – servisní náklady na provoz KJ*

### Výpočet návratnost KJ

$$\text{Návratnost} = \frac{\text{celkové náklady}}{\text{zisk}} = \frac{344\,870}{1\,929} = \underline{\underline{178,9 \text{ roků}}}$$

Tato varianta také není přijatelná z těchto hledisek:

- a) dlouhá doba návratnosti
- b) životnost jednotky je 15 roků. Při správném dodržování servisu je životnost maximálně 18 – 20 let

Varianta zlepšení:

- a) návratnost jednotky by se mohla snížit pokud by se výrazně zvedla dotovaná cena vykupované elektřiny.
- b) provozovat jednotku i v letních měsících s použitím nouzového chladiče a tak dodávat elektrickou energii

### 5.7.3 KJ koupená za hotové s příspěvkem dotace. KJ slouží jen pro krytí tepelné energie a všechna el. energie je prodávána

#### 1. Náklady na pořízení KJ

Náklady na pořízení KJ se skládají jak z koupi jednotky, tak dále musíme připočítat náklady na kopírování vlastní spotřeby, která se stanovuje cena pro malé jednotky.

Cena KJ:	390 000 Kč
Cena KJ s 19% DPH:	464 100 Kč

Cena s dotací	324 870 Kč
Zařízení na kopírování vlastní spotřeby:	15 000 Kč
Stavební úpravy:	5 000 Kč

**Náklady celkem: 344 870 Kč**

#### 2. Výroba elektrické a tepelné energie při 50% zatížení

Roční potřeba tepla na vytápění a na ohřev teplé vody je 137,7 GJ (tabulka X).  
KJ dodává při 50 % zatížení ročně 168,50 GJ tepla, z toho vyplývá že jednotka dodává o 18,27 % tepla více než potřebujeme. Jednotka bude v provozu pouze 283,5 dní v roce (z plánovaných 347 dní v roce).

Výpočet:

el. výkon: 4,0 kW  
počet hodin: 14,2 hod/den  
počet dní: 283,5 den/rok

Výroba el. energie = el. výkon · počet hodin · počet dní [kWh/rok]  
Výroba el. energie =  $4,0 \cdot 14,2 \cdot 283,5 = \underline{\underline{16\,102,8\text{ kWh/rok}}}$

#### 3. Roční náklady na provoz KJ

Roční náklady můžeme rozdělit na náklady: a) *náklady na provoz KJ*  
b) *náklady na zemní plyn*

a) *servisní náklady na provoz KJ*

Výrobce KJ TEDOM MICRO T8 udává náklady na provoz KJ cenu mezi 0,40 Kč/kWh až 0,60 Kč/KWh. Kogenerační jednotka bude v provozu průměrně 284 dnů v roce. Servisní náklady na roční provoz činí 0,40 Kč/kWh. Přesnější údaje týkající se servisu a správného provozu jsou uvedeny v příloze č.1.

Výpočet:

Náklady na provoz KJ = servisní náklady · vyrobená el. energie [Kč/rok]  
Náklady na provoz KJ =  $0,40\text{ Kč/kWh} \cdot 16\,102,8\text{ kWh/rok} = \underline{\underline{6\,441\text{ Kč/rok}}}$

*b) roční náklady na zemní plyn*

Výpočet:

Spotřeba ZP: 1,95 m<sup>3</sup>/hod  
Cena za 1m<sup>3</sup> ZP: 10,01 Kč/m<sup>3</sup>  
Počet hodin provozu: 14,2 hod/den  
Počet dní provozu: 283,5 den/rok

Cena ZP = počet hodin provozu · počet dní provozu · spotřeba ZP · cena za 1m<sup>3</sup> ZP [Kč/rok]

Cena ZP = 14,2 · 283,5 · 1,95 · 10,01 = **78 579,50 Kč/rok**

**4. Roční spotřeba energií RD**

V této kapitole je proveden výpočet nákladů pouze pro tepelnou energii bez použití KJ. Elektrickou energii pro vlastní spotřebu budeme odebírat ze sítě.

*náklady na zemní plyn*

roční spotřeba ZP: 4 766 m<sup>3</sup>/rok [4]  
cena ZP: 10,01 Kč/m<sup>3</sup>

Cena ZP = roční spotřeba ZP · cena ZP [Kč/rok]

Cena ZP = 4 766 · 10,01 = **47 708 Kč/rok**

**5. Zisk z prodeje elektrické energie**

Výrobce elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla s celkovým instalovaným výkonem do 1MW<sub>e</sub> je příspěvek k ceně elektřiny 330 Kč/MWh za každou vykázanou MWh vyrobené elektřiny.

Za každou vykázanou MWh vyrobené elektřiny dostává výrobce 1 420 Kč/MWh.

Výpočet:

*a) příspěvek k ceně elektřiny*

Příspěvek k ceně elektřiny = 330 Kč/MWh · vyrobená elektrická energie [MWh]

Příspěvek k ceně elektřiny = 330 · 16,1028 = **5 314 Kč/rok**

*b) zisk z prodeje elektrické energie*

Vyrozená elektrická energie: 16 108,6 kWh/rok

Roční zisk = 1 420 Kč/MWh · vyrobená el. energie [MWh]

Roční zisk = 1 420 · 16,1028 = **22 866 Kč/rok**

## **6. Návratnost KJ**

Návratnost spočítáme tak, že celkové náklady na pořízení KJ podělíme ročním ziskem, který získáme z prodeje elektrické energie, ušetřenými náklady na vytápění a ohřev teplé vody a náklady na elektrickou energii.

$$\text{Návratnost} = \frac{\text{celkové náklady}}{\text{zisk}}$$

Roční zisk = A [Kč/rok] + B [Kč/rok] + C [Kč/rok] + D [Kč/rok] – E [Kč/rok]

Roční zisk = 5 314 + 47 706 + 22 866 - 78 579,50 - 6 441

**Roční zisk = - 9 134,50 Kč/rok**

*A – příspěvek na vyrobenou el. energii*

*B – úspora za vytápění a ohřev TUV*

*C – prodaná elektrická energie*

*D – cena zemního plynu*

*E – servisní náklady na provoz KJ*

## **Výpočet návratnosti KJ**

Kogenerační jednotka pracuje ročně ve ztrátě 9 134,50 Kč, proto jednotku není vhodné provozovat z ekonomických důvodů.

Ze ztráty bychom se dostali, pokud by jednotka kryla vlastní spotřebu elektrické energie, ale i tak by návratnost byla vysoká.

## **5.8 Možnost zlepšení doby návratnosti**

Možné varianty zlepšení návratnosti:

### **1) Provozovat KJ na vyšší výkon**

V tomhle případě by musel být vyřešen odběr většího množství tepelné energie.

např.:

- použít KJ pro dvě domácnosti, které by spotřebovali vyrobené teplo
- použití KJ pro více jak dvě domácnosti, ale nejméně v jedné domácnosti musel být k dispozici záložní zdroj (plynový kotel) a zároveň by se investiční náklady rozdělili mezi uživatele jednotky

### **2) Provozovat KJ na 100% výkon s použitím nouzového chladiče**

Během roku může nastat období, kdy je odběr z KJ snížen nebo zastaven. Aby během této doby nedocházelo k přehřívání motoru jeho nedostatečným chlazením je do okruhu zařazen nouzový chladič, který je chlazený vzduchem.

Dalším důvodem proč se používá nouzového chladiče je, aby mohla být elektrická energie prodávána i v letních měsících, kdy není potřeba teplo. Zároveň investice do nouzového chladiče by nám navýšila cenu jednotky a návratnost by se zvýšila.



## 5.9 Výpočet návratnosti při 100 % zatížení KJ pro 2 rodinné domy

Při tomto provozu je schopna kogenerační jednotka dostatečně pokrýt potřebu elektrické a tepelné energie dvou rodinných domů.

Jednotka bude sloužit pro krytí tepelných a elektrických potřeb rodinných domů a zároveň bude na KJ získána maximální možná dotace.

Uvažují se dva identické rodinné domy se stejnými ročními spotřebami elektrické a tepelné energie.

### Kogenerační jednotka Tedom Micro T8

Spotřeba ZP: **3,15 m<sup>3</sup>/h**  
jmenovitý el.výkon: **8,0 kW**  
vyrobený el.výkon : **39 419,2 kWh/rok**

max. tepelný výkon: **19,0 kW**  
vyrobené teplo: **337,03 GJ/rok**

### Roční spotřeby energií pro 2 RD

Roční spotřeba elektrické energie:  $2 \cdot 4\,801\text{ kWe} = \underline{\underline{9\,602\text{ kWe/rok}}}$

Roční spotřeba tepelné energie :  $2 \cdot 137,7\text{ GJ} = \underline{\underline{275,4\text{ GJ/rok (76,4 MW/rok)}}}$

## Výpočet návratnosti KJ

### 1. Příspěvek na KJ

Fyzické osoby mohou získat finanční podporu ve formě dotací na projekty, které vedou ke zlepšení životního prostředí nebo k ekologickému vytápění. Příspěvek na kogenerační technologie činí maximálně 30% z nákladů, ale jen do výše 3.000.000 Kč

### Cena KJ s příspěvkem 30 %

Dotace na KJ:  $464\,100 \cdot 0,30 = \underline{139\,230\text{ Kč}}$   
Cena KJ s dotací =  $464\,100 - 139\,230 = \underline{\underline{324\,870\text{ Kč}}}$

### 2. Náklady na pořízení KJ

Náklady na pořízení KJ se skládají jak z koupi jednotky, tak dále musíme připočítat náklady na kopírování vlastní spotřeby pro 2 RD a stavební úpravy v obou domech.

Cena KJ:	390 000 Kč
Cena KJ s 19% DPH:	464 100 Kč
Cena s dotací	324 870 Kč
Zařízení na kopírování vlastní spotřeby:	30 000 Kč
Stavební úpravy:	20 000 Kč

**Náklady celkem: 374 870 Kč**

### **3. Výroba elektrické a tepelné energie při 100% zatížení**

Roční potřeba tepla na vytápění a na ohřev teplé vody pro dva rodinné domy je 257,4 GJ/rok. KJ dodává při 100 % zatížení ročně 337,03 GJ tepla, z toho vyplývá že jednotka vyrábí o 18,28 % tepla více než potřebujeme.

Jednotka bude v provozu pouze 283,5 dní v roce (z plánovaných 347 dní v roce).

#### Výpočet:

el. výkon: 8,0 kW  
počet hodin: 14,2 hod/den  
počet dní: 283,5 den/rok

Výroba el. energie = el. výkon · počet hodin · počet dní [kWh/rok]

Výroba el. energie =  $8,0 \cdot 14,2 \cdot 283,5 = \underline{\underline{32\ 205,6\ kWh/rok}}$

### **4. Roční náklady na provoz KJ**

Roční náklady můžeme rozdělit na náklady: a) *náklady na provoz KJ*  
b) *náklady na zemní plyn*

#### *a) servisní náklady na provoz KJ*

Výrobce KJ TEDOM MICRO T8 udává náklady na provoz cenu mezi 0,40 Kč/kWh až 0,60 Kč/KWh. Kogenerační jednotka bude v provozu průměrně 284 dnů v roce. Servisní náklady na roční provoz činí 0,60 Kč/kWh. Přesnější údaje týkající se servisu a správného provozu jsou uvedeny v příloze č.1.

#### Výpočet:

Náklady na provoz KJ = servisní náklady · vyrobená el. energie [Kč/rok]

Náklady na provoz KJ =  $0,60 \cdot 32\ 205,6 = \underline{\underline{19\ 323\ Kč/rok}}$

#### *b) roční náklady na zemní plyn*

#### Výpočet:

Spotřeba ZP: 3,15 m<sup>3</sup>/hod  
Cena za 1m<sup>3</sup> ZP: 10,01 Kč/m<sup>3</sup>  
Počet hodin provozu: 14,2 hod/den  
Počet dní provozu: 283,5 den/rok

Cena ZP = počet hodin provozu · počet dní provozu · spotřeba ZP za 1hod · cena za 1m<sup>3</sup> ZP

Cena ZP =  $14,2 \cdot 283,5 \cdot 3,15 \cdot 10,01 = \underline{\underline{126\ 936\ Kč/rok}}$

## **5. Roční spotřeba energií RD**

V této kapitole je proveden výpočet nákladů na elektrickou a tepelnou energii bez použití KJ. V celkovém součtu budou tyto náklady považovány za zisk.

Roční náklady pro daný rodinný dům můžeme rozdělit na:

- a) *náklady na elektrickou energii*
- b) *náklady na zemní plyn*

a) *náklady za elektrickou energii pro dva rodinné domy*

Spotřeba elektrické energie: **9 602 kWh/rok**

Cena el. energie podle ceníku E.ON za rok 2008 je: *vysoký tarif (VT)* **4 553,96 Kč/MWh**  
*nízký tarif (NT)* **1 663,01 Kč/MWh**

Spotřeba el. energie v pásmech VT a NT: **VT: 6,844 MWh**  
**NT: 2,758 MWh**

Roční náklady při VT = 6,844 MWh · 4 553,96 Kč/MWh = **31 167,50 Kč/rok**

Roční náklady při NT = 2,758 MWh · 1 663,01 Kč/MWh = **4 586,50 Kč/rok**

Celkové náklady = náklady ve VT + náklady v NT

Celkové náklady = 31 167,50 + 4 586,50 = **35 754 Kč/rok**

b) *náklady na zemní plyn pro dva rodinné domy*

roční spotřeba ZP: 9 532 m<sup>3</sup>/rok [4]

cena ZP: 10,01 Kč/m<sup>3</sup>

Cena ZP = roční spotřeba ZP · cena ZP [Kč/rok]

Cena ZP = 9 532 · 10,01 = **95 415 Kč/rok**

## **6. Zisk z prodeje elektrické energie**

Výrobce elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla s celkovým instalovaným výkonem do 1MW<sub>e</sub> je příspěvek k ceně elektřiny 330 Kč/MWh za každou vykázanou MWh vyrobené elektřiny.

Za každou vykázanou MWh vyrobené elektřiny v době platnosti vysokého tarifu příspěvek k ceně elektřiny je 1 420 Kč/MWh.

Výpočet:

a) *příspěvek k ceně elektřiny*

Příspěvek k ceně elektřiny = 330 Kč/MWh · vyrobená elektrická energie [MWh]

Příspěvek k ceně elektřiny = 330 Kč/MWh · 32,2056 [MWh] = **10 628 Kč/rok**

*b) zisk z prodeje elektrické energie*

Vyrobená elektrická energie: 32 262,4 kWh/rok

Krytí vlastní spotřeby: 9 602 kWh/rok

Roční zisk = 1 420 Kč/MWh · (vyrobená el. energie – krytí vlastní spotřeby) [Kč/rok]

Roční zisk = 1 420 · (32,2056 - 9,602) = **32 097 Kč/rok**

**7. Návratnost KJ**

Návratnost spočítáme tak, že celkové náklady na pořízení KJ podělíme ročním ziskem, který získáme z prodeje elektrické energie a ušetřenými náklady na vytápění a ohřev teplé vody a náklady na elektrickou energii.

$$\text{Návratnost} = \frac{\text{celkové náklady}}{\text{zisk}}$$

Roční zisk = A [Kč/rok] + B [Kč/rok] + C [Kč/rok] + D [Kč/rok] – E [Kč/rok] – F [Kč/rok]

Roční zisk = 10 628 + 95 415 + 35 754 + 32 097 - 126 936 - 19 323

**Roční zisk = 27 635 Kč/rok**

A – příspěvek na vyrobenou el. energii

B – úspora za vytápění a ohřev TUV

C – úspora za elektrickou energii

D – prodaná elektrická energie

E – cena zemního plynu

F – servisní náklady na provoz KJ

Výpočet návratnost KJ

$$\text{Návratnost} = \frac{\text{celkové náklady}}{\text{zisk}} = \frac{374870}{27635} = \underline{\underline{13,5 \text{roků}}}$$

Varianta, kdy kogenerační jednotka, bude sloužit pro krytí vlastních potřeb dvou rodinných domů se ukázala jako nejlepší řešení provozování jednotky, protože je návratnost v tomto případě reálná a navíc se investiční náklady rozdělí mezi dva uživatele jednotky a tak tato možnost představuje zajímavé řešení.

V následující kapitole 6 jsou shrnuty a porovnány všechny počítané varianty provozování KJ jak pro 1 RD, tak i pro 2 RD a vysvětlen důvod nízké návratnosti pro 2 RD, oproti použití KJ pro 1 RD.

## 6. Srovnání jednotlivých provozů KJ

Velký rozdíl mezi čistým ročním ziskem pro 1 RD a pro 2 RD je dán tím, že při použití KJ pro 1 RD provozujeme jednotku na 50% zatížení a spotřeba zemního plynu je 1,95m<sup>3</sup>/h. Pro 2 RD pracuje jednotka na 100% zatížení a spotřeba zemního plynu je 3,15 m<sup>3</sup>/h. Při používání jednotky na 50% zaplatíme ročně za zemní plyn 78 580 Kč a při 100% zatížení zaplatíme 126 936 Kč., to představuje navýšení ceny o 62%, oproti jiným nákladům a ziskům, které se zvýšily dvojnásobně (příspěvek na každou vyrobenou MWh, roční servisní náklady na provozování KJ, cena zemního plynu bez použití KJ, cena za elektrickou energii), a to nám výrazně zvýší roční zisk a zároveň tak klesne návratnost jednotky.

KJ TEDOM MICRO T8				
PROVOZ KJ	1 RODINNÝ DŮM			2 RD
	50% ZATÍŽENÍ KJ			100% ZATÍŽENÍ KJ
POŘÍZENÍ KJ	Bez dotace, krytí vlastní spotřeby	S dotací, krytí vlastní potřeby	S dotací, bez krytí vlastní potřeby	S dotací, krytí vlastní potřeby
CELKOVÉ NÁKLADY NA PROVOZ KJ	484 100 Kč	344 870 Kč	344 870 Kč	374 870 Kč
ROČNÍ ZISK	1 927 Kč	1 927 Kč	- 9 134,50 Kč	27 635 Kč
VÝPOČET NÁVRATNOSTI	$\text{Návratnost} = \frac{\text{celkové náklady}}{\text{zisk}}$			
NÁVRATNOST	251 roků	179 roků	nenávratné	13,5 roků

Tab. 8 Porovnání řešených variant

## 7. Závěr

Práce se zabývá kogeneračními technologiemi, které mají za úkol efektivněji využívat palivo, což vede jednak k úspoře paliva, tak i ke zlepšení životního prostředí. K tomuto programu se připojila jak Evropská unie, tak i Česká republika, která rozvoj kogenerační technologie podporuje.

Práce se zabývá možností pořízení a provozování kogenerační jednotky pro daný rodinný dům a stanovení doby návratnosti jednotky.

Z výpočtů je zřejmé, že pokud uvažujeme o nahrazení plynového kotle v ceně zhruba 35 000 Kč kogenerační jednotkou v ceně 490 000 Kč včetně příslušenství, která bude sloužit pro kopírování tepelných potřeb jednoho rodinného domu a zároveň využívána elektrická energie pro vlastní spotřebu, bude návratnost velmi vysoká. Jednak je to dáno tím, že jednotka je provozována výhradně pro vytápění a ohřev teplé vody a elektrická energie je spotřebovávána jen v případě provozu KJ. Elektrická energie, která není využita pro krytí vlastních potřeb je prodávána do elektrické sítě. Celkový malý roční zisk z provozování KJ nám splácí velké počáteční náklady.

Návratnost kogenerační jednotky při získání nejvyšší možné dotace ve výši 30% z nákladů je také nereálná. Předposlední počítaná varianta, kde uvažujeme, že všechna elektrická energie bude prodávána, se ukázala jako nejhorší z možných řešení, neboť kogenerační jednotka je v ročním provozu ztrátová skoro 9 200 Kč.

Jako efektivní řešení se nabízí provozovat jednotku pro dva rodinné domy. Návratnost v tomto případě činí necelých 14 let a při podělení počátečních nákladů pro dva uživatele jednotky představuje tato možnost zajímavé řešení.

## 8. Seznam použitých zdrojů

- [1] Dvorský Emil, Hejtmánková Pavla: Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie  
Technická literatura BEN, Praha 2005, ISBN: 80-7300-118-7
- [2] Srdečný Karel: Energeticky soběstačný dům - realita či fikce?  
Vydavatelství ERA, Brno 2006, ISBN: 80-7366-052-0
- [3] Krbek Jaroslav, Polesný Bohumil: Kogenerační jednotky malého výkonu v  
komunálních a průmyslových tepelných zdrojích, Nakladatelství Brno
- [4] Trnobranský Karel, Valentová Marie, Dufour René: Zlepšení ekonomie provozu  
kogeneračních jednotek využitím doprovodných technologií pro zrovnomnění  
ročního odběru tepla  
Vydala: Česká energetická agentura, Vinohradská 8, 120 00 Praha 2
- [5] RAEN spol. s.r.o, CityPlan spol. s.r.o: Příručka pro regionální využití kogeneračních  
zdrojů  
Vydala: Česká energetická agentura, Vinohradská 8, 120 00 Praha 2
- [6] [www.ceacr.cz](http://www.ceacr.cz): Typový projekt kogenerace pro průmyslové podniky.pdf
- [7] [www.tedom.cz](http://www.tedom.cz)
- [8] Materiály firmy TEDOM s.r.o
- [9] <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=47&h=38>

## 9. Seznam použitých zkratk a symbolů

ZNAČKA	JEDNOTKA	VÝZNAM
D	[K.dny]	počet denostupňů
K	[W/m <sup>2</sup> K <sup>1</sup> ]	součinitel prostupu tepla
N	[den]	počet pracovních dní soustavy v roce
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	měrná hmotnost vody
V <sub>2P</sub>	[m <sup>3</sup> /den]	celková potřeba teplé vody za 1 den
t <sub>1</sub>	[°C]	teplota studené vody
t <sub>2</sub>	[°C]	teplota ohřáté vody
d	[den]	délka topného období
Q <sub>VYT,r</sub>	[GJ/rok]	roční spotřeba tepla na vytápění
Q <sub>VYT,d</sub>	[GJ/rok]	roční spotřeba tepla na TUV
t <sub>is</sub>	[°C]	vnitřní výpočtová teplota
t <sub>e</sub>	[°C]	venkovní výpočtová teplota
Q <sub>c</sub>	[kW]	tepelná ztráta objektu
$\varepsilon$	[-]	opravný součinitel
$\varepsilon_j$	[-]	tepelné ztráty infiltrací a prostupem
$\varepsilon_t$	[-]	snížení teploty během dne a noci
$\varepsilon_d$	[-]	zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami provozu
P <sub>e</sub>	[kW]	elektrický výkon
c <sub>p</sub>	[J/kgK]	měrná tepelná kapacita
KJ	[-]	kogenerační jednotka
KVET	[-]	kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie
MT	[-]	mikroturbína
OT	[-]	otopné těleso
ZV	[-]	zásobník vody
TUV	[-]	teplá užitková voda
RD	[-]	rodinný dům



## 10. Přílohy

### 10.1 Příloha č.1

Technické údaje o KJ TEDOM MICRO T8

#### 1 Základní charakteristika

Kogenerační jednotky (dále KJ) TEDOM řady Micro se řadí mezi stroje malých výkonů, vyznačujících se vysokou tepelnou a celkovou účinností. Kompaktní uspořádání v protihlukovém krytu, obsahuje soustrojí motor-generátor, kompletní tepelné zařízení jednotky a soustavu tlumičů výfuku. Elektrický rozváděč je umístěn vně pevné části protihlukového krytu. KJ podle této technické specifikace je provedena s asynchronním generátorem určená pro paralelní provoz se sítí typu TN – S o napětí 400 V, 50 HZ. Teplotní spád uživatelského teplovodního okruhu je 50/70°C.

#### 2 Základní technické údaje

##### 2.1

jmenovitý elektrický výkon	8,0	kW
maximální tepelný výkon	19,0	kW
příkon v palivu	29,5	kW
účinnost elektrická	27,1	%
účinnost tepelná	64,4	%
účinnost celková (využití paliva)	91,5	%
spotřeba plynu při 100% výkonu	3,15	m <sup>3</sup> /h
spotřeba plynu při 75 % výkonu	2,60	m <sup>3</sup> /h
spotřeba plynu při 50 % výkonu	1,95	m <sup>3</sup> /h

Základní technické údaje jsou platné pro standardní podmínky dle technické instrukce „Platnost technických údajů“

Požadovaný min. trvalý elektrický výkon je 50% jmenovitého výkonu

Spotřeba plynu je uvedena při fakturačních podmínkách (15°C, 101,325kPa)

#### 3 Motor

K pohonu jednotky je použit plynový spalovací motor TGE 1,2, výrobek společnosti TEDOM s.r.o. , se základními parametry dle uvedeného přehledu:

počet válců	3	kompresní poměr	10,3 : 1	
uspořádání válců	v řadě	pracovní otáčky	1525/150	min <sup>-1</sup>
			0	
vrtání × zdvih	75,5 × 86,9 mm	spotřeba oleje	0,1/0,4	g/kW
		normal/max		h
zdvihový objem	1168 cm <sup>3</sup>	max. výkon motoru	9,5	kW

#### 4 Generátor

Zdrojem elektrické energie je jednoložiskový, vodou chlazený asynchronní generátor TEG 8, výrobek společnosti Tedom s.r.o, se základními parametry dle uvedeného přehledu:

jmenovitý výkon	11	kW	napětí	400	V
cos $\phi$	0,95		frekvence	50	Hz
účinnost v pracovním bodě	89,5	%	jmenovité otáčky	1525	min <sup>-1</sup>
zapojení statorového vinutí	Y		max. pracovní teplota	67	°C

#### 5 Tepelný systém

Tepelný systém KJ je z hlediska odběru tepelného výkonu tvořen sekundárním okruhem, který přebírá teplo z pláště generátoru, uvolněné jeho chlazením, dále v deskovém výměníku teplo primárního okruhu (tepelný výkon spalín a chladicí soustavy spalovacího motoru). Okruh pracuje s teplotami vratné vody od 40 do 65°C. Základní teplotní spád okruhu je 50/70°C, pro který jsou také stanoveny základní technické údaje. Bez nutnosti seřízení může jednotka trvale pracovat také se spádem 65/85°C. Tepelný systém jednotky není vybaven oběhovým čerpadlem.

Parametry sekundárního okruhu jednotky:

tepelný výkon okruhu	19,0	kW
teplota výstupní vody max	85	°C
teplota vratné vody min / max	40/65	°C
průtok min/jmenovitý	0,25/0,2	kg/s
max. pracovní tlak	600	kPa
vodní objem okruhu v kogenerační jednotce	5,0	l
tlaková ztráta při jmenovitém průtoku	30	kPa
jmenovitý teplotní spád	20	K

Není-li v okrajových provozních režimech možné odvést celý tepelný výkon okruhu, lze výkon, nebo jeho část odvádět chladicí jednotkou pro nouzové chlazení, kterou lze samostatně dodat.

#### 6 Palivo, přívod plynu

Technické parametry uvedené v této specifikaci jsou platné pro zemní plyn o dále uvedených vlastnostech.

výhřevnost	34	MJ/m <sup>3</sup>
min. metanové číslo	80	-
tlak plynu	2 ÷ 6,5	kPa
max. změna tlaku plynu při změnách spotřeby	10	%
max. teplota	30	°C

Plynová trasa jednotky je sestavena v souladu s TPG G 811 01 a obsahuje čistič plynu, sdruženou multifunkční plynovou armaturu, která plní funkce:

- zdvojeného rychlouzavíracího elektromagnetického ventilu pro uzavření přívodu plynu při vypnutí jednotky
- regulaci tlaku plynu vhodnou pro směšování
- pružné spojení kovovou hadicí se směšovačem spalovacího motoru

Pro správný provoz kogenerační jednotky je požadována plynová přípojka o patřičné dimenzi s přiměřeným akumulacním objemem, aby nedošlo k poklesu tlaku plynu v rozvodu v době skokového odběru plynu. Plynová přípojka musí být zakončena ručním plynovým uzávěrem a opatřena tlakoměrem.

## 7 Spalovací a vzduch a chlazení

Spalovací vzduch vstupuje do jednotky otvorem v zadní části protihlukového krytu.

množství spalovacího vzduchu	29	Nm <sup>3</sup> /h
teplota nasávaného vzduchu min / max	10/35	°C
ztrátové teplo odvedené do okolního prostředí *	cca 0,75	kW

*\* ztrátové teplo prostupující povrch protihlukového krytu při teplotě okolního prostředí 25 °C*

## 8 Odvod spalin a kondenzátu

Spaliny jsou z jednotky odváděny potrubím (spalinovodem) napojeným na přírubu jednotky, která vystupuje z protihlukového krytu v zadní části. Spalinovod od příruby kogenerační jednotky po sopouch musí být těsný. Spádování spalinovodu musí být směrem od jednotky. Materiál spalinovodu a tepelná izolace spalinovodu ve strojovně musí být odolná teplotám do 200°C. Maximální tlaková ztráta celého spalinovodu od příruby jednotky nesmí být větší než 20 mbar.

množství spalin	32	Nm <sup>3</sup> /h
teplota spalin jmen / max	120/150	°C
max. protitlak spalin za přírubou	20	mbar

## 9 Náplně

množství mazacího oleje v motoru	9,5	l
objem olejové nádrže pro doplňování	8	l
množství chladicí kapaliny v primárním okruhu	10	l

Topná voda pro náplň sekundárního okruhu musí být upravená, její složení musí odpovídat „Technická instrukce –vodní okruhy okruhy“.

## 10 Hlukové parametry

Hlukové parametry udávají úroveň akustického tlaku, měřenou ve volném zvukovém poli. Stanovení měřících míst a způsob vyhodnocení odpovídá ČSN 09 0862.

protihlukový kryt kogenerační jednotky v 1 m	55	dB(A)
vývod spalin v 1m od příruby	65	dB(A)

## 11 Barevné provedení

protihlukový kryt – rám a čelo	RAL 5017	(tmavá modř)
protihlukový kryt – ostatní části, generátor	RAL 5015	(světlá modř)

## 12 Rozměry a hmotnosti jednotky

délka celková / přepravní	1260 / 1500	mm
šířka celková / přepravní	1180 / 800	mm
výška	1375	mm
přepravní hmotnost	670	kg
provozní hmotnost celé KJ	710	kg

Navazující podklady:

- rozměrový náčrt: KJ Micro T8, č.v. R0428 A
- obecně závazné podklady dle dokumentu „Přehled platných tech. specifikací“

## 13 Rozsah dodávky

standardní

- úplný modul kogenerační jednotky

mimo standardní rozsah

- přídatný tlumič výfuku

## 14 Upozornění

Výrobce si vyhrazuje právo změny tohoto a navazujících dokumentů

## KJ Micro T8 s motorem Škoda olej Mobil Pegasus 1 - plán údržby

Uvedený servisní intervaly platí při používání motorového oleje Mobil Pegasus 1 a jsou podmíněny vzorkováním používaného oleje, jehož cílem je výměnný interval optimalizovat.

Údržbové práce/inspekční práce		Hodiny provozu													
		< 100	2500	5000	6000	7500	10000	12500	15000	17500	20000	22500	25000	27500	30000
Technické ošetření 1			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Technické ošetření 2				X		X		X		X		X		X	X
Běžná oprava		každých 10000 - 12000 motohodin													
Generální oprava		25000 - 30000 motohodin													
Předpokládané životnosti dílů															
svíčky		3000													
hlavy		8000 - 11000													
Údržbové práce/inspekční práce, provádí obsluha (zákazník)		Interval													
		denně	tydenně	měsíčně	čtvrtletně	ročně									
Vizuální kontrola agregátu - vnější těsnost mazací soustavy, chladič soustavy, primárního okruhu, sacího a výfukového traktu, palivové trasy		X													
Evidence provozních dat		X													
kontrola signalizace závad a jejich evidence		X													
Rozbor složení náplně PO													X		
Rozbor složení náplně SO													X		